

レディーステニス選手の最大酸素摂取量

杉山 允宏

(体育学研究室)

(平成2年10月9日受理)

I 緒 言

我国の国民の平均寿命は、80歳前後となり世界の長寿国のトップにランクされている。長寿の要因について、米国をはじめ西欧諸国は、日本人の生活構造をあらゆる角度から研究し始めてきており、その中でも特に食生活について和食の効用を取り上げている。また我国の労働時間は欧米に比べて極めて多いが、近年、週休2日制の実施をめざし次第に短縮していく風潮が伺える。このことは日常生活における余暇時間の増大を余儀なくし、ライフスタイルの変化が指向されることを意味する。増大していく自由な時間をいかに使用するか。それは個々人の生活観、人生観に関わる問題であろうが、基本的には生涯教育に根ざした健康で生きがいのある積極的で行動的な生き方をすることが大切となろう。余暇の過ごし方、食生活の在り方は、健康な心身を維持増進させることに直接関与する事柄である。殊に、現代社会において循環器系障害、糖尿病、肥満、腰痛および精神的ストレスなどは健康に関わる身近な問題であり、これらの障害は、運動、栄養、休養および精神的に安定した生活と極めて深い関係があることが生涯体育の立場から論じられている。¹⁾

エアロビクスといわれる有酸素的運動は、1968年クーパーが著書を著わして以来全世界に普及した健康生活をねらいとした生活処方の一つである。これは、心・肺・血管系に適度な刺激を与えることによって呼吸循環機能の効率を高める、いわゆる全身持久性を維持・向上させる運動形態である。欧米諸国では成人病と直結する循環器系障害の対策として、既に30数年も前から提唱され実践されてきており、我国でも10年以上になる。日常実践されている有酸素的運動は、速歩き、ジョギング、スウィミング、ダンス、テニス、自転車こぎや縄跳びなどであり、生体への負担度は軽・中程度で30分から1時間くらいの持続運動である。

本研究は、日頃、健康・体力づくりとしてあるいは社会体育としてレディーステニスを継続して実践している中年女性の全身持久性がどの程度の水準にあるのかを明らかにすることが目的である。全身持久性の指標²⁾とされている代表的な尺度は最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_2$ Max) である。この最大酸素摂取量出現時の呼吸循環機能の特徴について、愛媛県レディーステニス選手の上級者と初級者を中心に、愛媛大学テニス部女子学生、他のスポーツ種目の一流競技選手¹⁾⁴⁾¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾¹⁵⁾¹⁷⁾および元東京オリンピック女子競泳選手³⁾⁷⁾⁸⁾⁹⁾などと比較検討した。

II 研究方法

1. 測定項目：身長，体重，最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_2 \text{ Max}$)，体重当り $\dot{V}O_2 \text{ Max}$ ，最高心拍数 (HR Max)，最大換気量 ($\dot{V}E \text{ Max}$)，最高呼吸数 (RR Max)，呼吸商 (RQ)，酸素摂取率 ($O_2 R$)，酸素脈 ($O_2 P$) および一回換気量 (V_T)

2. 実験方法 (1)最大酸素摂取量の測定はトレッドミルを使用し，勾配は8.6%に上昇固定させ速度漸増負荷法によって追い込むオールアウト走を採用した。採気はダグラスバッグ法， O_2 および CO_2 濃度の分析は日本電気三栄製の瞬時ガス分析装置を用いた。心拍数は胸部双極誘導法，呼吸数はサーミスター法を用いて記録した。(2)対象は，愛媛県レディーステニス協会に所属するテニス経験年数が4年以上のトップクラスの健康な中年女子上級者4名，経験年数が3年未満の中年女子初級者4名および愛媛大学女子テニス部員で中国四国女子テニス大会優勝，全日本大会出場選手4名，計12名である。(3)実験は愛媛大学教育学部運動生理学実習室で1988年10月上旬の1週間の間に実施した。

III 結 果

表1に被検者の年齢，身長，体重及びテニス経験年数を示した。中年女子選手の最高年齢者は44.1歳，最低年齢者は35.0歳で上級者(A)は平均 39.6 ± 3.2 歳，初級者(B)は 37.7 ± 2.5 歳であった。学生(C)は3年生で 20.7 ± 0.2 歳であった。テニス経験の最も長い者は中年上級者の11.0年であり平均値をみると，上級者(A)は 8.3 ± 3.1 年，初級者(B)は 2.4 ± 0.5 年，学生(C)は 4.3 ± 0.5 年であった。身長は，(A) 158.8 ± 5.3 cm，(B) 155.8 ± 2.2 cm，(C) 158.0 ± 8.0 cm，体重は(A) 54.3 ± 4.3 kg，(B) 55.7 ± 4.1 kg，(C) 54.5 ± 5.3 kgであった。

Table 1 Characteristics of subjects

Items		Age	Body height	Body weight	experience	
Subjects		years	cm	kg	years	
(A)	Top class	K. U.	38.7	151.4	54.0	11.0
		H. I.	36.5	158.7	50.2	4.0
		S. M.	44.1	161.7	52.8	10.0
		K. T.	39.0	163.4	60.3	8.0
		mean	39.6	158.8	54.3	8.3
		s. d.	3.2	5.3	4.3	3.1
(B)	Beginner	M. I.	39.0	156.0	53.0	2.0
		M. T.	36.4	158.6	56.8	2.5
		R. K.	40.5	155.3	61.1	2.0
		K. T.	35.0	153.3	52.0	3.0
		mean	37.7	155.8	55.7	2.4
		s. d.	2.5	2.2	4.1	0.5
(C)	Students	A. K.	21.0	149.3	47.8	5.0
		N. S.	20.6	155.6	53.1	4.0
		R. N.	20.5	168.5	56.9	4.0
		M. T.	20.7	158.7	60.0	4.0
		mean	20.7	158.0	54.5	4.3
		s. d.	0.2	8.0	5.3	0.5

表2は最大酸素摂取量出現時の呼吸循環機能についてまとめたものであり，これらの各項目の平均値と標準偏差について三者を比較したものが図1である。

Table 2 Cardio-Respiratory Functions of Ladies' Tennis Athletes

	Items		$\dot{V}E$ Max	$\dot{V}O_2$ Max	$\frac{\dot{V}O_2 \text{ Max}}{B W}$	HR Max	RR Max	R Q	O_2 R	O_2 Pulse	V_T
			Subjects	l/min	l/min	l/kg/min	b/min	f/min		ml/l/min	ml/b
(A)	Top class	K. U.	73.41	2.74	50.7	182.1	51.3	1.121	37.34	15.05	1.431
		H. I.	67.36	2.58	51.6	185.8	39.6	1.092	38.33	13.90	1.701
		S. M.	52.44	2.17	40.9	179.3	37.5	1.103	41.33	12.09	1.398
		K. T.	71.13	2.41	40.2	185.5	43.9	0.973	33.94	13.01	1.620
		mean	66.09	2.48	45.9	183.2	43.1	1.072	37.74	13.51	1.538
		s. d.	9.43	0.24	6.1	3.1	6.1	0.067	3.05	1.26	0.146
(B)	Beginner	M. I.	52.88	1.77	33.4	179.8	52.0	0.995	33.39	9.82	1.017
		M. T.	67.62	2.05	36.1	179.1	49.3	0.979	30.34	11.45	1.372
		R. K.	67.72	2.46	40.3	188.2	44.6	0.995	36.35	13.08	1.518
		K. T.	62.20	2.23	42.9	197.8	50.0	1.030	35.89	11.29	1.244
		mean	62.61	2.13	38.2	186.2	49.0	1.000	33.99	11.41	1.288
		s. d.	6.98	0.29	4.2	8.8	3.1	0.022	2.76	1.33	0.212
(C)	Students	A. K.	90.87	2.99	61.9	199.4	58.7	1.117	32.56	14.84	1.548
		N. S.	89.41	3.08	58.0	185.4	45.7	1.153	37.67	16.61	1.789
		R. N.	83.15	2.64	46.4	179.0	48.5	1.128	31.71	14.73	1.714
		M. T.	79.40	2.74	45.7	167.5	53.9	1.146	34.47	16.34	1.473
		mean	85.71	2.86	53.0	182.8	51.7	1.136	34.11	15.63	1.631
		s. d.	5.38	0.21	8.2	13.3	5.8	0.016	2.64	0.98	0.146
Significance	(A)-(B)	no	no	※	no	no	※	no	※	no	
P<0.05	※	(A)-(C)	※※	※	no	※	no	no	※	no	
P<0.01	※※	(B)-(C)	※※	※※	no	no	※※※	no	※※	※	
P<0.001	※※※										

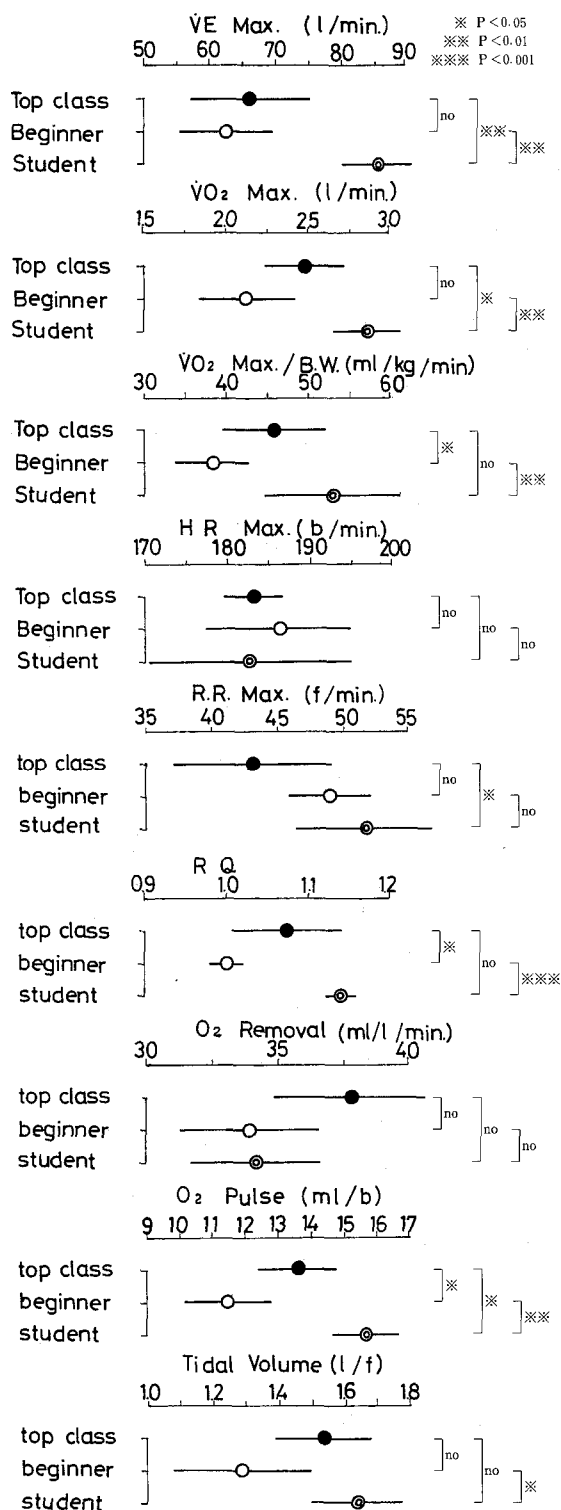


Fig 1 Cardio-Respiratory Functions of Ladies' Tennis Athletes.

最大換気量 ($\dot{V}E$ Max) は学生の AK が 90.87 l/min で最も高く平均値は(A) 66.09 l/min, (B)62.61 l/min, (C)85.71 l/min であった。最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_2$ Max) の最高値を示した者は学生 NS で 3.08 l/min, 最低値は(B)の MI で1.77 l/min であり, 平均値では(A)2.48±0.24 l/min, (B)2.13±0.29 l/min, (C)2.86±0.21 l/min であった。体重当りで見ると学生 AK が61.9 ml/ kg /min で最高値を示し, (B)の MI が33.4 ml/ kg /min で最低値を示した。平均値は(A)45.9±6.1 ml/ kg /min, (B)38.2±4.2 ml/ kg /min, (C)53.0±8.2 ml/ kg /min であった。最高心拍数 (HR Max) は(A)183.2±3.1 b/min, (B)186.2±8.8 b/min, (C)182.8±13.3 b/min を示した。最高呼吸数 (RR Max) は(A)43.1±6.1 f/min, (B) 49.0±3.1 f/min, (C)51.7±5.8 f/min であった。呼吸商 (RQ) は(A)1.072, (B) 1.000, (C)1.136を示した。酸素摂取率 (O_2 Removal) は(A)37.74 ml/l/min, (B)33.99 ml/l/min, (C)34.11 ml/l/min であった。酸素脈 (O_2 Pulse) は(A) 13.51 ml/b, (B)11.41 ml/b, (C)15.63 ml/b であった。一回換気量 (Tidal Volume V_T) は(A)1.538 l/f, (B)1.288 l/f, (C)1.631 l/f を示した。

IV 論 議

$\dot{V}O_2$ Max の測定に当ってはトレッドミルによるオールアウト走を用いた。¹⁾ 多くの報告をみると中高年者を対象とする場合はほとんど自転車エルゴメーターを使用して測定されている。しかもオールアウトというよりもやや最大下負荷で中止している。これは中高年齢者の身体の安全性と健康管理を考慮するためである。今回の被検者は日頃かなり練習して

いる人達であり測定に当っては十分に注意し、本人の自覚と自由意志によってオールアウトを判断させ走行を中止した。中年女子の HR Max は180拍から190拍の範囲、RR Max は40回から50回の範囲、RQ は1.0前後に上昇していること等から $\dot{V}O_2$ Max の値は十分に信頼できるものとする。学生の一部に HR Max が低い者がいたが RR および RQ などからみて適当な値と判断した。

最大酸素摂取量について、上級者と学生との間には有意差が認められなかったが、両者と初級者との間には5%水準以上で有意差が認められた。図2は他種目の世界及び日本における一

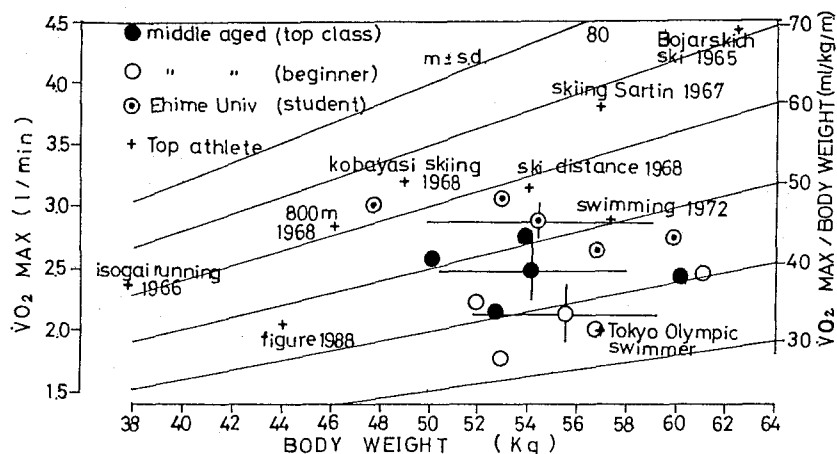


Fig 2 Maximal oxygen intake in middle aged and student tennis player. (FEMALE)

流競技選手¹⁾³⁾⁷⁾⁸⁾⁹⁾¹⁵⁾¹⁷⁾の最大酸素摂取量と今回の結果を比較したものである。日本人一流水泳選手13歳から18歳までの $\dot{V}O_2$ Max (1972)の平均は2.84 l/min, 体重当りでは49.63 ml/kg/min であり学生の値と類似していた。上級者の中には50 ml/kg/min を越える者がおりかなり高い値を示していた。日本人の陸上競技選手の2.82 l/min, 61.0 ml/kg/min およびスキー距離選手の3.15 l/min, 58.8 ml/kg/min 等と比較すると体重当りの最大酸素摂取量は学生の場合10%から15%低く, 上級者の場合28%から33%低く, 初心者では33%から60%低いことが明らかとなった。Michailov (1965)や Sartin¹⁷⁾ (1967)の報告による水泳選手は70 ml/kg/min 前後の値が報告されており更に高い水準にあることがわかる。図3は年齢別にみた最大酸素摂取量の比較である。学生及び中年女子選手の値からみた年齢(X)と最大酸素摂取量(Y)との間には $\hat{Y} = -0.0291X + 3.4450$, $R = -0.6955$ ($P < 0.01$)の有意な負の相関関係が認められた。即ち20歳では2.86 l/min, 40歳で2.28 l/min となり1年でほぼ30 ml/min の減少がみられ, 50歳を過ぎると2 l/min を割る計算になる。小林の資料⁵⁾⁶⁾による一般女子の値や, 日本人の標準値¹⁸⁾と比較すれば今回の被検者の最大酸素摂取量はほぼ50%高い。また, 伊藤や黒田³⁾⁷⁾⁸⁾の報告している東京オリンピック競泳出場選手の追跡調査から計算すると, 平均年齢42.4歳, 身長160.8 cm, 体重56.8 kg, 最大酸素摂取量の推定値 2.00 ± 0.24 l/min, 35.0 ± 3.7 ml/kg/min となり先の回帰式から求めた最大酸素摂取量の2.21 l/min よりもやや低い水準にあった。しかし, 一般女子の値よりもかなり高い水準にあることがわかる。図4は体重と最高心拍数との関係をみたものである。社会体育において運動処方強度の水準は心拍数が多く用いられているところから検討してみると, 最高心拍数は体重が重い者ほど有意に低い水準に

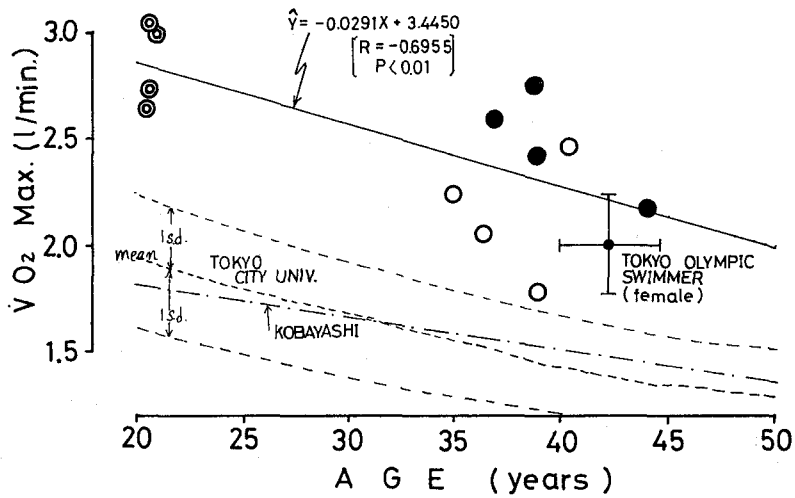


Fig 3 Relation between age and $\dot{V}O_2$ Max of ladies' tennis athletes.

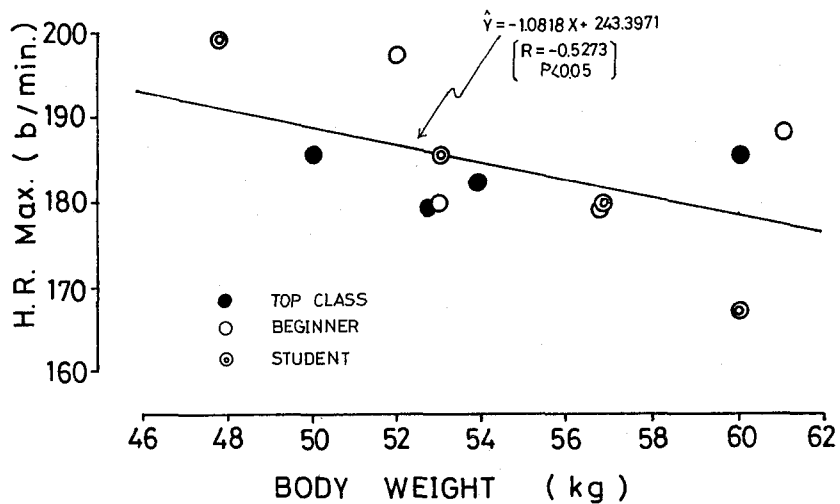


Fig 4 Relation between body weight and HRMax of ladies' tennis players.

あることが明らかとなった。厚生省が報告している推定最高心拍数は220から年齢を引いた値であるが一部の学生を除いてほとんどの被検者は推定値よりもかなり高い値を示した。初級者の低年齢者はやや低い傾向を示した。

最高心拍数や最高呼吸数については被検者間に有意差が認められなかった。酸素脈については三者間に有意差が認められた。今回の結果から中年初級者の有酸素的作業能力が最も低いが、同年齢の女子と比べればかなり高い水準にあることが明らかとなった。この点については日頃のテニス練習が呼吸循環機能の維持向上にかなり影響していることを裏づけるものであり、今後の練習の継続により、同年齢の水準よりも高い機能を持続できるものと期待される。

V 要 約

愛媛県レディーステニス協会に所属する年齢35.0歳から44.1歳までの中年女子でテニス経験年数4年以上のトップクラスの上級者4名, 3年未満の初級者4名及び中四国学生テニス大会優勝の愛媛大学女子テニス部学生4名, 合計12名を対象にトレッドミルを用いて速度漸増負荷法により最大酸素摂取量を測定し, その水準について比較検討した。結果は次のように要約される。

1. 最大酸素摂取量は上級者が 2.48 ± 0.24 l/min, 45.9 ml/kg/min, 初心者は 2.13 ± 0.29 l/min, 38.2 ± 4.2 ml/kg/min, 学生は 2.86 ± 0.21 l/min, 53.0 ± 8.2 ml/kg/min となり体重当りの最大酸素摂取量からみて, 上級者と学生との間には有意差は認められなかったが, 初級者は上級者と5%水準で, 学生と1%水準で有意に低い値を示した。
2. 被検者の最大酸素摂取量の水準は同年齢の一般女子と比べてほぼ50%高いが他種目の一流競技選手に比べて学生が10%から15%, 上級者が28%から33%, 初級者が33%から60%近い値であった。
3. 年齢(X)と最大酸素摂取量(Y)の間には有意な相関関係が認められ ($\hat{Y} = -0.0291 \times + 3.4450$, $R = -0.6955$ $P < 0.01$) 最大酸素摂取量は加齢とともに減少し1年ではほぼ30 ml/minの減少がみられることが明らかとなった。
4. 中年女子の最高心拍数は上級者が 183.2 ± 3.1 b/min, 初級者が 186.2 ± 8.8 b/min, 学生は 182.8 ± 13.3 b/min となり, 三者間に有意差は認められなかった。中年女子は年齢の割には比較的高い値を示した。
5. 中年女子及び学生の有酸素的作業能力は優れており, 日常の練習が呼吸循環機能の維持向上にかなり影響していることが推察された。

参 考 文 献

- 1) Åstrand, P. O., and B. Saltin : Maximal oxygen uptake and heart rate in various types of muscular activity. *J. Appl. Physiol.* 16(6), 977-981, 1961.
- 2) Åstrand, P. O., K. Rodahl : *Textbook of Work Physiology*, McGraw-Hill Book Company 1970.
- 3) 伊藤静夫他3名 : Nox IIスポーツ選手のATに関する研究-第5報 東京オリンピック代表選手の追跡測定から, 昭和63年度日本体育協会スポーツ科学研究報告, 1-8, 1988.
- 4) 加賀谷淳子 : 30分走トレーニングが女子大学生の有酸素的作業能におよぼす効果, *体育科学*, 5, 50-58, 1977.
- 5) 小林寛道 : 日本人とエアロビックパワー, -加齢による体力推移とトレーニングの影響-, 杏林書院, 1982.
- 6) 小林寛道, 混同孝晴 : 高齢者の運動と体力, 朝倉書店, 1985.
- 7) 黒田義雄他5名 : 日本人の一流競技選手の最大酸素摂取量 第1報, 昭和53年度日本体育協会スポーツ医学科学研究報告, 1-8, 1968.
- 8) 黒田義雄他17名 : NoVI, 東京オリンピック記念体力測定-第6回報告-, 昭和63年度日本体育協会スポーツ科学研究報告, 1-59, 1988.
- 9) 宮下充正 : 日本人水泳選手の最大酸素摂取量, *体育学研究*, 第16巻, 第5号, 253-257.
- 10) Pollok, M. L. et al. : Effects of training two days per week at different intensities on middle aged men. *Medicine and Science in sports*, 4, 4, 192-197, 1972.
- 11) Peter levin : スポーツ健康フォーラム講演資料, 徳島市大塚製薬, 1988.
- 12) 杉山允宏 : 柔道選手の最大酸素摂取量, 広島大学総合科学部紀要Ⅲ, 41-51, 1977.
- 13) 杉山允宏, 西岡威夫 : 発期における有酸素的作業能力の発達 第一報 中学生水泳部員の最大酸素摂取量,

- 愛媛大学教育実践研究指導センター紀要 第2号, 41-53, 1984。
- 14) Sugiyama Masahiro : A study of physical fitness of University students of judo club in Japan-Effects of one year judo training on cardio respiratory functions-, *Physical Fitness Research*, 163-168, 1983.
 - 15) 杉山允宏 : 愛媛大学ボート部員の体格・体力と $\dot{V}O_2$ Max の水準, 愛媛大学教育学部紀要, 第I部, 教育科学, 第34巻, 75-87, 1988.
 - 16) 杉山允宏 : 中・高年者の歩行の運動強度, 愛媛大学教育学部紀要, 第I部, 教育科学, 第35巻, 113-124, 1989.
 - 17) Saltin, S. and P-O Astrand : Maximal oxygen uptake in athletes, *J. Appl Physiol*, 23, 353-358, 1967.
 - 18) 東京都立大学身体適正学研究室編 : 日本人の体力標準値, 第4版, 1990.