

縦断的観察による大学生 剣道選手の最大酸素摂取量

恵土 孝吉 金子 基之*
小野寺孝一* 政二 里佳**
池田 幸應***

Longitudinal Observation of Maximum Oxygen Intake of Kendo Player in University

Kokichi EDO, Motoyuki KANEKO, Kouichi ONODERA,
Rika MASANI, Yukio IKEDA

することによって探ろうと試みたものである。

I 目的

全身持久力 ($\dot{V}O_2\max$) を高めるために、どの程度の強度、頻度、時間のトレーニングを行えばよいかという研究は、これまで多くの研究者によって行われてきた。これらの研究は特別な身体活動を行っていない、いわゆる一般健康成人を被検者としたものが多く、また、トレーニング期間も5週間から10週間と短期間である。更に、これらのトレーニング内容は走行や自転車エルゴメーターを用いることが多く、競技種目自体の練習をトレーニング負荷とした場合の $\dot{V}O_2\max$ の変化を測定したものはほとんどみられない。まして時間や距離などの数値であらわすことのできない試合成績は客観性に欠けるため練習におけるトレーニング効果 ($\dot{V}O_2\max$) が試合成績とどのように関わっているかということに目を向けた研究は見当たらない。そこでランニングや自転車エルゴメーター等のコントロールされた負荷を用いるのではなく、課外活動としての剣道部における一般的な剣道運動を負荷としたとき、 $\dot{V}O_2\max$ や試合成績にどのような影響を及ぼすかを、体力の指標の一つである最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_2\max$) を縦断的に測定

II 実験手順

1. 被検者

昭和55年度K大学入学者で、すでに剣道の経験を有する男子学生7名を用いた。選抜に当たっては約1ケ年の部活動を観察し、部内で比較的剣道技術が優れ、しかも継続して残り3ケ年間を熱心に部活動を行うと思われる学生に主旨を説明し協力を願った。しかし被検者の個人的事情(入院、退部)で4回とも測定できたのは、7名中5名であった。したがって他の2名は参考者として資料を取り上げる。(表1)

表1 剣道人の入学時の身体的特徴

項目 被験者	身長 (cm)	体重 (kg)	年齢	段位	
ト レ ー ニ ン グ 者	T・A	168.0	70.0	20	2
	M・Y	171.2	65.0	19	3
	M・M	168.0	61.5	19	2
	F・N	173.4	65.0	20	2
	K・K	163.0	63.0	19	2
参 考 者	J・H	168.0	55.0	19	2
	N・K	178.5	60.0	19	2

* 富山医科薬科大学

** 富山商業高等学校

***金沢経済大学

2. 測定場所・日時・方法

$\dot{V}O_2\max$ の測定場所は富山医科薬科大学体育実験室において行った。測定日時は1回目は昭和56年3月下旬, 2回目は昭和57年4月上旬, 3回目は昭和58年3月中旬とほぼ1年間隔で行い4回目は昭和58年12月上旬に行った。(4回目が早いのは4年生はこの時期を境に引退するので)



実験風景
(トレッドミル上を走行する被験者)

$\dot{V}O_2\max$ の測定方法はトレッドミル, ランニング法(写真)による速度漸増負荷法を用いた。すなわち, 斜度を5度(8.6%)に固定し, 速度を被検者の体力にあわせて, 160~180m/minからスタートし, 1分あるいは2分毎に速度が200~240m/minに達するまで10~20m/minずつ増加して疲労困憊に導いた。

呼吸ガスはダグラスバップ法にて連続採集し, 品川製作所製, 乾式ガスメーターで換気量を測定した。呼吸ガスの分析は三栄測器 Expired gas monitor IH21によって行った。

運動中の心拍数は日本光電製ポリグラフ RM-25を用い, 胸部多極誘導によって心電図を連続記録し, R-R間隔を測定することによって求めた。また, 疲労困憊直前の10秒間におけるR-R間隔を測定し, 1分間に換算して, これを最大心拍数とした。

なお, 負荷の増加, 疲労困憊の決定は心電図

表2 K大学剣道部1週間の練習内容および時間

昭和55年4月~昭和58年12月まで年間約250日行った時の平均的な内容および時間を示した。

項目 曜日	練習内容	時間 (分)	備 考
月 曜 日	準備運動	5	7~8分×2~3分 30秒×3~4回
	基本技古	25	
	稽古	20	
火 曜 日	準備運動	5	10分×5~6回 30秒×3~4回 70本×4セット * (800g)
	基本技古	25	
	稽古	60	
	掛り稽古	10	
水 曜 日	体力トレーニング(素振り)	20~30	1.2km 4~5周 70本×6セット * (800g) 30本×6セット * (500g) 30本×6セット * (500g) 坂道ダッシュ スクワット (1人背負って) 25m×10本 5回×7セット
	(55年4月~57年4月晴天時)ランニング	40	
	素振り(正面素振り)	25	
	(跳躍素振り)	15	
	スクワット	15	
木 曜 日	(55年4月~57年4月雨天時)ランニング	30	トレーニングセンター(50周) 50段5セット 晴天時に同じ 晴天時に同じ 20回×5セット 20回×5セット
	柔軟体操	5	
	階段ダッシュ	20	
	素振り	25	
	スクワット	15	
	腕立て伏せ	10	
	腹筋運動	10	
金 曜 日	準備運動	5	7~8分×2~3回 30秒×3~4回
	基本技古	25	
	稽古	20	
	掛り稽古	10	
土 曜 日	準備運動	5	10分×5~6回 30秒×3~4回 70本×4セット * (800g)
	基本技古	25	
	稽古	60	
	掛り稽古	10	
日	体力トレーニング(素振り)	20~30	70本×4セット * (800g)
	地稽古	90	

*竹刀の重量を示す。

に表われる心拍数，被検者の自覚症状，ランニング動作の乱れ，被検者の顔色等による総合判断にもとづいて行った。

3. 負荷（練習期間と内容）

課外活動としての剣道部1週間の練習内容，および所要時間の大枠を表2に示した。多少の変更はあるものの実験期間中は毎日曜日と以下に示す期間を除いて表2の練習内容を行った。

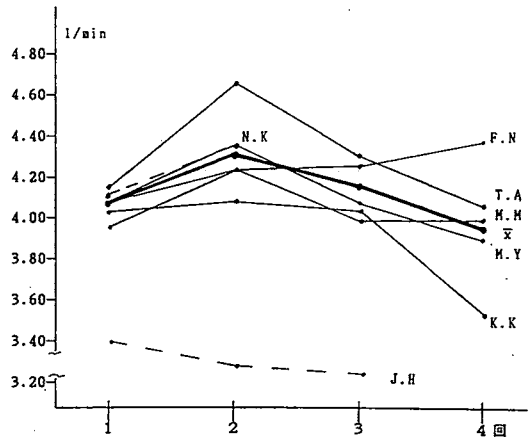
- 昭和55年7月22日～8月15日—夏休み
- 〃 12月2日～昭和56年1月11日—冬休み
- 56年2月24日～3月14日—春休み
- 〃 7月13日～8月16日—夏休み
- 〃 12月25日～昭和57年1月7日—冬休み
- 57年2月28日～3月7日—春休み
- 〃 7月15日～7月29日—夏休み
- 〃 12月25日～昭和58年1月9日—冬休み
- 58年2月24日～3月9日—春休み
- 〃 7月11日～7月31日—夏休み

但し，58年10月以降は，T・A，M・M，F・Nは週2～3回，M・Yは週0～1回，K・Kは58年4月以降は週1～3回に練習の頻度が落ち，しかも10月以後はほとんど練習を行っていない。またJ・Hは57年3月の測定の5ヶ月後に負傷して以来，練習を行っておらず，他の6名とは条件が異なり，N・Kは個人的事情から2回しか測定を行っていない。

Ⅲ 結果

1. $\dot{V}O_2\max$

図1 剣道人の $\dot{V}O_2\max$ の縦断的变化
破線は参考者、実線はトレーニング者、実線の太線はトレーニング者の平均値。



4回にわたる $\dot{V}O_2\max$ の測定値を表3，図1に示した。トレーニング者の平均値は1回目から2回目にかけては，0.22 l/minの増加を示し，4.31 l/min 2回目から3回目にかけては，0.15 l/minの減少を示し，4.16 l/min，さらに3回目から4回目にかけては0.18 l/minの減少を示し，3.98 l/minであった。参考者J・Hは1回目から2回目にかけて0.06 l/min減少，さらに2回目から3回目にかけては0.24 l/minの減少がみられる。N・Kは1回目から2回目にかけて0.13 l/minの増加がみられる。

$\dot{V}O_2\max$ の値を各被検者の体重で割った体重

表3 剣道人の $\dot{V}O_2\max(l)$ の縦断的变化

項目		1 回目	2 回目	3 回目	4 回目
被検者	T・A	4.18	4.65	4.34	4.08
	M・Y	4.11	4.37	4.10	3.90
	M・M	4.11	4.22	4.00	4.00
	F・N	3.97	4.23	4.27	4.35
	K・K	4.07	4.10	4.07	3.57
	平均	4.09	4.31	4.16	3.98
	S・D	0.07	0.19	0.13	0.25
参考者	J・H	3.40	3.34	3.10	—
	N・K	4.17	4.30	—	—

4 表 剣道人の体重当たりの $\dot{V}O_2\max(\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min})$ の縦断的变化

被検者	項目	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目
ト	T・A	59.7	66.4	62.0	58.3
	M・Y	63.2	67.2	63.1	60.0
レ	M・M	66.8	68.6	65.0	65.0
	F・N	61.2	65.1	65.7	66.9
ン	K・K	64.6	65.1	64.6	56.7
	平均	63.1	66.5	64.1	61.4
グ	S・D	2.5	1.3	1.3	3.9
者	J・H	61.8	60.7	56.3	—
	N・K	69.5	71.7	—	—

当たり $\dot{V}O_2\max(\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min})$ を表 4, 図 2 に示した。トレーニング者の平均値は 1 回目から 2 回目にかけて $3.4\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$ 増加し, $66.5\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$, 2 回目から 3 回目にかけては $2.4\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$ の減少を示し $64.1\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$, 3 回目から 4 回目にかけては $2.7\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$ の減少を示し $61.4\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$ であった。一方 J・H は 1 回目から 2 回目にかけては $1.1\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$ の減少, 2 回目から 3 回目にかけては $4.4\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$ の減少がみられる。N・K は 1 回目から

2 回目にかけて $2.2\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$ の増加がみられる。

平均値について対応ある T テスト (ノン・パラメトリック法) によって有意差検定を行った結果, 1 回目と 2 回目の間には 5% 水準で有意差が認められ。しかし 1 回目と 3 回目, 2 回目と 3 回目, 2 回目と 4 回目, 3 回目と 4 回目の間には有意差は認められなかった。

1 回目の体重当たりの $\dot{V}O_2\max$ の値を 100% として 2, 3, 4 回目の値の伸び率を相対的に

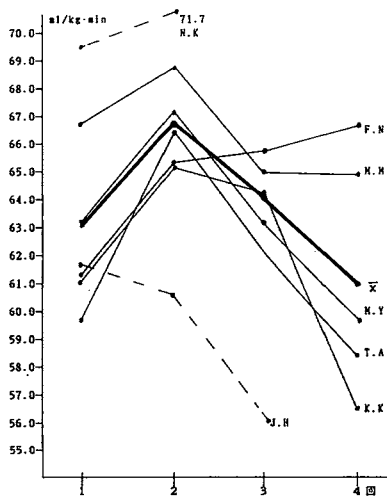


図 2 剣道人の体重当たり $\dot{V}O_2\max$ の縦断的变化

破線は参考者、実線はトレーニング者、実線の太線はトレーニング者の平均値

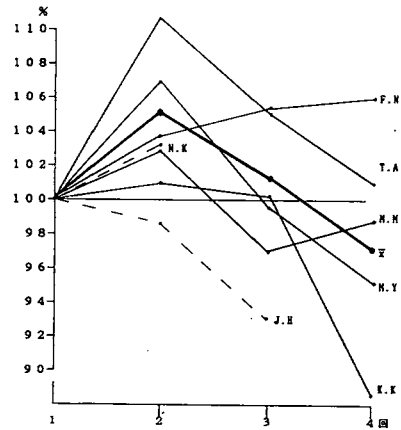


図 3 剣道人の体重当たり $\dot{V}O_2\max(\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min})$ の縦断的变化

1 回目の体重当たり $\dot{V}O_2\max$ の値を 100% として、2, 3, 4 回目の値の変化を相対的に示した。

破線は参考者、実線はトレーニング者、実線の太線はトレーニング者の平均値。

図3に表わした。トレーニング者の平均値は2回目105.0%, 3回目101.6%, 4回目97.3%であり1回目から2回目にかけて5.0%の増加, 2回目から3回目にかけて3.4%の減少, 3回目から4回目にかけて4.3%の減少がみられた。J. Hは1回目から2回目にかけて1.8%の減少, 2回目から3回目にかけて7.1%の減少がみられた。N. Kは3.2%の増加がみられた。

2. 最大心拍数

4回にわたる最大心拍数のトレーニング者の平均値は1回目から2回目にかけて7 beat/minの増加を示し191 beat/min, 2回目から3回目にかけては6 beat/minの減少を示し185 beat/min, 3回目から4回目にかけては10 beat/minの増加を示し195 beat/minであった。J. Hは1回目から2回目にかけて11 beat/minの増加, 2回目から3回目にかけて6 beat/minの増加がみられた。N. Kは1回目, 186 beat/min, 2回目183 beat/minで3 beat/minの減少がみられた。

トレーニング者の平均値において, Tテスト(ノン・パラメトリック法)によって有意差の検定を行った結果, 1回目と2・3回, 2回目と4回目の間に有意差は認められず, 1回目と4, 2回目と3回目, 3回目と4回目の間には5%水準で有意差が認められた。

$\dot{V}O_2\max$ と同様に1回目の最大心拍数の測定値を100%としたとき, トレーニング者の平均値は2回目103.8%, 3回目100.5%, 4回目106.0%と, 1回目から2回目にかけて3.8%の増加, 2回目から3回目にかけて3.3%の減少, 3回目から4回目にかけて5.5%の増加がみられた。J. Hは2回目106.4%, 3回目109.9%と, 1回目から2回目にかけて6.4%の増加, 2回目から3回目にかけて3.5%の増加がみられた。N. Kは2回目98.4%と1.6%の減少がみられた。

3. 試合成績

実験期間中, 数多くの対外試合に参加したがそのなかからとくに重要と思われる大会成績について示す。

1回目測定時前の成績は北信越大会団体戦

(参加13校)へ1名出場し, 4位。個人戦(参加15名中)0名であった。1回目測定~2回目測定時(1回目)にかけて北信越大会団体戦へ1名出場し, 予選落ち。個人戦へ4名出場。1名3位入賞し, 全日本の出場権を得て本大会に出場, 1回戦敗退。2回目測定から3回目測定時(2回目)にかけて北信越大会団体戦へ4名出場, 3位入賞。全日本大会の出場権を得て本大会でベスト16位。(56校によるトーナメント)個人戦へ5名出場。2位, 3位, 3位に3名入賞。全日本大会で1名ベスト32位。3回目測定から4回目測定(3回目)にかけて北信越大会団体戦へ4名出場, 1位。全日本大会の出場権を得て本大会16位。個人戦は5名出場。2位, 8位に入賞。本大会では1回戦敗退。

IV 考察

1. $\dot{V}O_2\max$ (ml/kg·min)

一般に $\dot{V}O_2\max$ を論ずる際には「体重当たりの $\dot{V}O_2\max$ 」で行うことがより個人の体力を表わしている。したがって本稿では体重当たりの $\dot{V}O_2\max$ について述べる。

1回目から2回目, すなわち1年次後半から2年次後半にかけて平均値は63.1 ml/kg·minから66.5 ml/kg·minと増加した。この値は同年代の一般健康成人の値である42.7 ml/kg·minと比較すると, かなり高く, また, 小林の行った体力水準区分においては Very good (51.0—64.9 ml/kg·min) からExcellent (65.0—74.9 ml/kg·min) の間にあり, 他のスポーツ選手の値と比べても, バスケットボール48.3 ml/kg·min, バレーボール42.9 ml/kg·min, 陸上, 長距離64.8 ml/kg·min, ラグビー46.9 ml/kg·min, バドミントン48.7 ml/kg·minと剣道人の方がレベルが高い。

このような結果は本被検者が入学当時から, かなり高い体力水準を保持していたことが十分考えられるが, 本被検者と同年代の同大学体育専攻生の1年次(N=13)の値は平均54.76 ml/kg·minであり, このうち最高はバスケットボールの55.29 ml/kg·min, 最低はバレーボー

ルの48.62ml/kg·minで剣道部員は平均値よりもやや低い52.25ml/kg·minであることから、入学当時から高い体力水準を保持していたとは考えにくく、むしろ課外活動としての剣道運動によって体力が高められたと推察される。

すなわち、本研究における負荷条件を表2に示したが毎週火、木、金曜日における約2時間の平均的な運動量は距離42.9m/min±3.8、心拍数145.9beat/min±5.0、打突本数8.9本/min±1.4%HRmax79.4±2.3であり、月曜日約1時間、土曜日は1時間30分の剣道練習、水曜日は約1時間半の体力トレーニングである。

受験勉強によって十分改善されていなかった体力が大学入学と同時に課外活動運動によって改善される報告は数多くみられるが、本被検者も表に示した剣道運動を行うことによってこの時期に発育発達による自然増加分に加えて急速に体力の改善がなされたものと推察される。しかし、2回目から3回目、すなわち2年次後半から3年次後半にかけては2年次後半よりも2.4ml/kg·minの減少を、3回目から4回目、すなわち3年次後半から4年次前半にかけては3回目よりも更に2.7ml/kg·minの減少を示し、1回目の1年次後半の値よりも減少を示した。

1、2年次後半とはほぼ同じ運動荷物にもかかわらず減少を示した。青木はトレーニング前の体重当たり $\dot{V}O_2\text{max}$ の値が58~64ml/kg·minと高水準にある男子大学生では11週間のトレーニングによっても $\dot{V}O_2\text{max}$ の改善は認められず、逆に減少した者もいたという報告がみられる。

一方、山地らは男子大学陸上部員14名(1回目の体重当たり $\dot{V}O_2\text{max}$ 60.1~73.0ml/kg·min)を被検者とした測定において14名中5名に増加が認められたが、4名には変化が無く、5名は減少したことを報告している。

このように $\dot{V}O_2\text{max}$ の改善がみられない理由として、青木、山地らは被検者のトレーニング前の $\dot{V}O_2\text{max}$ が彼らの遺伝子的限界の上限、あるいはその近くにまで達していたためトレーニング効果が現われなかったのではないかとしている。

本被検者においても $\dot{V}O_2\text{max}$ の伸び悩みは青

木や山地らが推察する点に加えて剣道運動の特性をあげることができる。すなわち、剣道の練習は下級者が上級者に稽古(トレーニング)をお願いするという方法が主体であることから比較的改善の余地がある1年次、2年次では、先に述べた理由によって体力が改善されたが、しかし3年次、4年次では体力改善の余地が少ないところに加えて“受けて立つ”稽古によって生体に十分な影響を与える運動荷物になっていなかったものと考えられる。このことを別な面からみれば、稽古のしかたが1、2年次では体力主体であったものが、3、4年次から技術主体になったことを意味しているものと考えられる。

2. $\dot{V}O_2\text{max}$ とPerformance

一定負荷のトレーニングを行った効果を表わす際、宮下¹⁰ら、石河⁸ら、石井⁷ら、猪飼⁹らのように多くの場合は歩行、走行、自転車こぎ等の持久的運動による持久時間を用いている。彼らによると $\dot{V}O_2\text{max}$ が増加するとPerformanceである持久時間も伸びる、つまり $\dot{V}O_2\text{max}$ の増加がPerformanceを向上させるという結果が得られたと報告している。

このように一般にPerformanceは陸上や水泳におけるように時間や距離等、客観的な数値で表わされる。したがって剣道においても素振りや打ち込みの速さ等を用いて客観的な数値でPerformanceを表わすことはできる。しかし、本研究では素振りや打ち込みのような基本的、部分的な動作を対象にするのではなく、主観的に判定され、評価された試合成績をPerformanceの指標としてとり上げ、 $\dot{V}O_2\text{max}$ の増減とどのようにかわりあっているかについて述べる。

第1回測定では被検者4名の平均値は63.1ml/kg·minとスポーツ選手としても個人としてもかなり高い体力を示していたにもかかわらず部内からレギュラー(7名、補欠2名、計9名)として選ばれたのは5名中1名だけであった。

剣道における選手選出の基準は一般的には体力と技術を監督が評価し、すぐれている者を対象とすることから、体力はともかく、技術的に本被検者は1名を除いて他のレギュラーよりも

劣っていたものと考えられる。

この時点における対外成績はおおむねK大学剣道部の過去の成績（北信越大会で2～3年おきに上位入賞。全国大会への出場権が得られた場合には全国大会で1回戦敗退）と同じであった。しかし、 $\dot{V}O_2\text{max}$ が最高に達した第2回測定時にはレギュラーとして4名が選拔され、北信越大会で3位、全国大会でベスト16位（北信越地区代表で過去20数回出場しているが1回戦突破したのも、ベスト16位になったのも初めてであった。）第3回測定時には北信越大会1位、全日本大会で昨年と同じベスト16位（2年連続）とPerformanceに大巾な成果が得られた。一方、個人戦においても全日本大会の出場者（出場枠3名）が第1回測定時1名、第2回測定時3名、第3回測定時1名と常時出場するようになった。

Performanceにどの程度の影響を $\dot{V}O_2\text{max}$ (ml/kg·min) が関与しているかを検討するには被検者の数も少なく、測定値の変動も10%程度とそれほど大きくないことも含め十分とはいえないまでも、 $\dot{V}O_2\text{max}$ (ml/kg·min) とPerformanceとの間に何らかの関係があるものと考えられる。

V まとめ

通常行われている大学の剣道部における課外活動を行うことにより、 $\dot{V}O_2\text{max}$ がどのように変化するかを3年9ヶ月にわたって縦断的に測定し、その変化が試合成績にどのような影響を及ぼしているかを検討した。

① 体重当たり $\dot{V}O_2\text{max}$ はトレーニング者において1回目(63.1ml/kg·min)から2回目(66.2ml/kg·min)の測定にかけて有意に増加し、2回目から3回目(64.0ml/kg·min)にかけて、及び3回目から4回目(61.5ml/kg·min)にかけて有意ではないが減少する傾向があった。

② 試合成績は $\dot{V}O_2\text{max}$ の増加とともに向上したが、その後 $\dot{V}O_2\text{max}$ が低下しても試合成績は大旨下降しなかった。

引用文献・参考文献

- 1) 青木純一郎
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変化。体育科学1 PP 81—90 1973
- 2) 浅見俊雄ら
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:PP35—40 1973
- 3) 浅見俊雄ら
全身持久性のトレーニング処方に関する研究(2) 強度と時間の違いによるトレーニング効果について。体育科学2:PP117—112 1974
- 4) 跡見順子ら
中高年女子にみられる有酸素的作業能のトレーニング効果。体育学研究18—5 PP253—260 1974
- 5) 跡見順子ら
 $\dot{V}O_2\text{max}$ に対するトレーニング強度の影響。体育学研究 24—2 PP137—147 1979
- 6) 恵土孝吉ら
剣道の運動強度。金沢大学教育学部紀要第36号 1987
- 7) 石井喜八ら
全身持久性の運動処方に関する研究—間接法によるトレーニング処方。体育科学 2:PP123—131 1974
- 8) 石河利寛ら
全身持久力向上のための強い強度—短時間運動および弱い強度—長時間運動プログラムの効果。体育科学4:PP13—19 1976
- 9) 猪飼道夫ら
心拍出量からみた70% $\dot{V}O_2\text{max}$ 強度による持久性トレーニング効果の検討。体育科学1:PP67—72
- 10) 加賀谷熙彦
持久性トレーニングの至適強度選定に関する研究(1)—80% $\dot{V}O_2\text{max}$ 負荷のトレーニング効果。体育科学1:PP58—66 1973

- 11) 加賀谷 潤彦
持久性トレーニングの至適強度選定に関する研究(2)—90% $\dot{V}O_2\max$ のトレーニング効果。体育科学 2 : PP153—160 1974
- 12) 小林 寛道
日本人のエアロビックパワー。杏林書院 1982 P187
- 13) 小林 寛道ら
一般健康成人男子および中高年スポーツ愛好者のAerobic-Power。体育学研究 24—4 PP313—323 1980
- 14) 宮下 充正ら
有酸素的作業能のトレーニング効果に及ぼす強度と頻度の影響。体育科学 3 : PP76—84 1975
- 15) 山地 啓司ら
運動生理学概論 大修館 1975 PP166—167
- 16) 山地 啓司ら
3年間の全身持久性トレーニングが陸上中・長距離選手の呼吸・循環機能に及ぼす影響。体育学研究 21—4 : PP181—189 1976
- 17) 山本 博男
 $\dot{V}O_2\max$ からみた金沢大学教育学部体育科学生。金沢大学教育学部教育研究 15 : PP175—181 1980