

長崎県内トップクラスの女子バスケットボール選手の 身体組成と体力及びそれらの一年間の推移について

西澤 昭*・田原 靖昭*・綱分 憲明**

湯川 幸一***・森 俊介****

（1990年4月28日受理）

Body Composition, Physical Fitness, and Their Year Progress in Top Nagasaki Women's Basketball Players

Sho NISHIZAWA*, Yasuaki TAHARA*, Noriaki TSUNAWAKE**

Kouichi YUKAWA***, and Shunsuke MORI****.

Abstract

The present study assessed the physical characteristics and physical functions of women's basketball players in Nagasaki. Physical and functional progress due to practice and training were also measured on a high school team. The results indicated that anaerobic power should be trained for basketball physical conditioning in addition to aerobic work capacity. Blood inspection pointed out that women's basketball players should prevent from anemia.

1. 緒 言

バスケットボールは生理的、心理的、技術的な要因が非常に複雑に絡み合った競技である。特にバスケットに必要な体力の生理的特性についての研究をする場合、この競技に必要な体力が無酸素的作業能力（アネロビックス）から有酸素的作業能力（エアロビックス）までの広範囲にわたり、かつ複雑なことが体力要因を分析する困難さを増していると考えられる。このことが陸上競技や水泳競技に比べてバスケットボール選手の体力に関するデータが不足していることの原因であろう。また性別では男子選手については報告が多く見られる。そこで本研究では女子選手の、身体組成や有酸素的及び無酸素的作業能力に関する体力の資料を得ることを主な目的として長崎県内のトップレベルにある高校と実業団チームについて測定を行った。

*長崎大学教養部、**長崎県立女子短期大学、***長崎大学保健管理センター
****琴海町立病院

2. 方 法

2-1 被験者

測定対象者は長崎県内の高校女子（J校）バスケットボール選手19名と実業団女子（M社）バスケットボール選手11名である。高校チームは長崎県ではトップであったが、全国大会の上位には至らないレベルであり、実業団チームは日本リーグに属していたが下位であった。

2-2 測定項目

2-2-1 形態

形態の項目として、身長、体重、皮脂厚（3部位と8部位）、体脂肪率（水中体重法）を測定した。皮脂厚は栄研式皮脂厚計にてBehnke and Wilmore⁴⁾の方法によった。測定部位は3部位の場合はtriceps, scapular, abdominalの3箇所であり、8部位の場合はさらにsupra-iliac, chest, thigh, knee, midaxillaryを加えた8部位であった。測定は豊富な経験を積んでいる共同研究者の一人が全員を測定した。

体脂肪率の測定は水中体重秤量法によった。36-38℃の温水タンク（直径120 cm, 高さ160 cm）の中にロードセルに吊した椅子を設置し、その上に被験者を最大呼気後に座らせて水中体重を測定した。測定は三度実施し、最も大きな水中体重を測定値とした。肺残気量(RV)はタンク外でFUKUDA社のFRCコンピュータ(COMF-100)により求めた。体脂肪率を求めるために必要な身体密度(BD)は次式によった。

$$BD = \frac{\text{体重(空气中)}}{\frac{\text{体重(空气中)} - \text{体重(水中)}}{\text{水の密度}} - RV}$$

上式で得られた身体密度を用いて、体脂肪率(%Fat)はBrožek⁶⁾にならい次の予知式で求めた。

$$\%Fat = (4.570 / BD - 4.142) \times 100$$

体脂肪量は体重と体脂肪率の積であり、除脂肪体重(LBM)は体重から脂肪量を引いたものである。

2-2-2 運動機能

運動機能では酸素摂取能力に関するものとして最大酸素摂取量($\dot{V}O_2\max$), 最大換気量($V_{E\max}$), 最大酸素負債量($O_2\text{debt max}$), 最大心拍数(HRmax)を測定した。

最大酸素摂取量の測定には黒田たち^{4),10)}の方法を参考にした。斜度5度(8.67%)のトレッドミル(西川鉄工NT12型)上を走行させ、スピードを漸増させてオールアウトにいたるまで実施した。呼気はダグラスバックに採取し、フクダCR150連続呼吸気流量計を用いて呼気ガス量を計測した。サンプルガスの酸素、二酸化炭素濃度は三栄社のガス分析器(SANEI-IH21型)で求めた。 $\dot{V}O_2\max$ の決定は呼吸商が1.10以上の値のうち最大値を採用した。

最大酸素負債量は黒田たち^{4),10)}, Hermansen⁷⁾の方法を参考にした。つまり、トレッドミルを傾斜5度に固定し、予め個人の走能力を測定した後に、60-70秒前後でオールアウトにいたるスピードで走行させた。走行後、ただちに座位安静にさせ、回復期40分間の呼気ガスをダグラスバックに1分、2分、3分、4分、5分、10分、15分間に区分して採気し、超過代

謝量をもって最大酸素負債量を決定した。なお、 O_2 debt max の算定に必要な安静代謝量は来室後 30 分間、座位安静にさせた後に、10 分間の座位安静時の呼気ガス 2 本のサンプルガスから算出した。又、安静代謝の実測値の信頼性のチェックのため、基礎代謝量基準値からの安静時代謝量も併せて算出し実測値の検討をした。

運動中の心拍数は日本光電テレメーターシステムによって計測した。

2-2-3 血液組成

血液組成を医療機関に依頼し測定した。項目はヘモグロビン(Hb)、ヘマトクリット(Ht)、血清鉄(SFe)である。

2-3 測定

高校チームについては 1986 年 11 月 (8 名)、1987 年 12 月 (8 名)、1988 年 12 月 (11 名) の延べ 27 名であるが、86 年の内 5 名が、又、87 年の内 3 名がそれぞれ翌年の測定も受けており、実際には 19 名が測定された。実業団チームは 1987 年 8 月 (9 名) と同年 9 月 (2 名) の 11 名について実施した。測定場所はいずれも長崎大学教養部体育実験室である。

3. 結果と考察

3-1 高校チーム

高校及び実業団の各測定値を表 1 に示している。

バスケットボール競技においては身長が極めて重要な要因である¹⁰⁾。本研究で得られた平均身長は高校で 165.6 cm であり、これは同年令の 1987 年の全国平均値 (16 歳-157.5 cm)¹⁰⁾ より約 8 cm 大きなものである。体重は本チームで 59.7 kg であり、16 歳の全国平均値 52.3 kg を 7.4 kg 上回っていた。このように本研究の対象となった選手は同年齢の女子高校生に比較し、大きな体格であったことがわかる。皮下脂肪厚の平均は 3 部位和で 41.2mm、8 部位和では 106.8 mm であった。また水中体重での体脂肪率は 21.5% であった。この値はバスケットボール選手に関する他の報告^{8,20)} とほぼ同じものであった。

$\dot{V}O_2$ max の平均値は絶対値で 2.75(l/min) であり体重当たりでは 46.4(ml/kg/min) であった。同年齢でトレーニングを受けていない女子を対象に $\dot{V}O_2$ max がさまざまな方法で測定されてきている^{1, 8, 12)}。それらによると平均 $\dot{V}O_2$ max は絶対値で 1.7-1.95(l/min)、体重当たりで 30-40(ml/kg/min) であった。これらの値と比べてみると、本研究の被験者は体格が大きいこともあって絶対値ではかなり大きく、また体重当たりの値でも上回っていることがわかる。 $\dot{V}O_2$ max は有酸素的作業能力を示す最も優れた指標であることはよく認められているところであり、体格の大きな選手でもトレーニング効果の見られることがわかる。一方、全国大会での上位チームについての $\dot{V}O_2$ max を漆原ら²⁰⁾ が報告しているが、それによると絶対値で 3.1(l/min)、体重当たりでは 53.8(ml/kg/min) であった。特に体重当たりの値は同年代である高校女子中距離選手の値(53.9ml/kg/min)¹⁰⁾ とほぼ変わらないものであり、有酸素的作業能力もよくトレーニングされていたことがわかる。今回の選手の場合は、全国的にトップになるためにはこの面のトレーニングも必要なことが考えられる。

バスケットボール競技は有酸素的作業能力だけでなく、無酸素的作業能力もきわめて大切で

ある。この無酸素的作業能力は $O_2\text{debt max}$ で表されるが、測定時間と多数の人手を必要とするため報告例は極めて少なく²⁰⁾、女子高校バスケットボール選手の報告はみられていない。本研究で絶対値で 5.2(1)、体重当たりで 87.2(ml/kg)であった。体格が大きいことから、絶対値の大きいことは当然であるが、体重当たりで黒田ら¹⁶⁾が日本のトップの高校短・中距離選手で 90(ml/kg)と報告しており、値自体は陸上選手より小さいが他の競技等と比較してかなり大きな値であるといえる。

血液のヘモグロビン値(Hb)は 13.1(g/dl)、ヘマトクリット値(Ht)は 38.3%であった。それぞれの正常値が Hb で 12~16(g/dl)¹⁰⁾、Ht が 39~46%²¹⁾であることを考えると、正常値の下限にあるといえよう。バスケットボール選手は貧血傾向の高いことが報告されており¹⁷⁾本チームでもその傾向がみられたといえよう。

3-2 高校チームの一年間のトレーニング効果

19名の選手のうち、8名については、1年生と2年生でほぼ一年の間隔をとって測定することができ、一年間の練習が体力に及ぼす影響を観察することが出来た。平均値の一年間の変化は表2に示している。

身長は平均で僅か0.6mmしか高くなっておらず、1年生時にすでに長育のピークに達していたことをうかがわせている。体重にも一年間で有意な変化はみられなかった。さらに皮脂厚や体脂肪率にも変化は無かったことから(図1)、体重に占める脂肪や除脂肪体重、言い換えれば体の組成には変化は生じなかったことになる。運動機能に関しては $\dot{V}O_2\text{max}$ 、 VE_{max} 、 HR_{max} (図2)で変化は見られなかった。しかし、無酸素的作業能力の指標である $O_2\text{debt}$ は絶対値でも、体重当たりの値でも有意に増加していた(図3)。これは一年間にわたるトレーニング効果がこの要因に出現したものと考えられよう。バスケットボールの練習は、Poewr、Speed、Quickness等を主眼点にしている場合が多く¹⁸⁾、これらの技術系列は体力的には無酸素的のものである。黒田たち¹⁶⁾はバスケットボールが有酸素的作業能力よりも無酸素的作業能力を要求する競技であると述べているが、本研究での結果もこの競技が無酸素性の能力と深い関連のあることを示している。

ヘモグロビン値(Hb)、血清鉄の血液検査の結果は一年後で変化が見られなかったが、ヘマトクリット値は減少した。激しい運動は貧血傾向を生み出すことはよく知られており¹⁷⁾、この傾向が現れたと言えよう。

漆原たち²⁰⁾は同じく日本のトップの女子高校選手の一年間のトレーニングによる体力の変化について報告している。形態に関しては、身長に変化は無かったが体重と周径囲に有意な増加があったと述べている。皮脂厚による推定体脂肪率も増加しているので体重増加の内容が、筋肉に依存するのか脂肪の増量なのかを明確にすることは出来ない。また本研究と同じトレッドミルのスピード漸増法で得られた $\dot{V}O_2\text{max}$ のトレーニング効果は、本研究と同じように変化を認めていないが、絶対値でも相対値でも今報告をかなり上まわっていた。以上のことより $\dot{V}O_2\text{max}$ は一年間では変わらないが、強いチームはすでに高校生でも $\dot{V}O_2\text{max}$ の大きい(54 ml/kg/min)選手が揃っていることが考えられる。

3-3 実業団チーム

実業団チームの平均年齢は 21.2歳であった。身長の平均は 168.2 cm、体重の平均は 63.6 kg

であった。同年代の日本人女子の値¹⁹⁾と比べてみると、身長で 12.2 cm、体重で 13.3 kg 上回っており一般人と比べると大きな体格であることがわかる。菅原たち²⁰⁾は今回測定した実業団チームについて 1979 年に体力測定を実施している。当時のチームと選手は入れ替わっており平均身長 166.5 cm、体重は 61.5 kg と今回の選手の体格の方が若干大きくなっている。以前のデータであるがモンテリオールオリンピックの女子代表選手の身長は 170.9 cm、体重は 65.9 kg であり¹⁹⁾、現在の日本代表はさらに大きくなっており、それらと比べると体格は小さいと言えよう。

身体組成を調べるための体脂肪率について北川ら¹¹⁾は一般日本人女子、年齢 20 歳で 22.3 kg % と報告している。今回の測定では 19.7% (Nagamine method) 及び 17.8% (Brožek method) であった。体脂肪はトレーニングによって減少することが報告されている¹⁹⁾が、今回の測定値がやや小さかったようである。同年代のアメリカ女子バスケットボール選手の体脂肪率について Sinning²⁰⁾ は 20.8%、Conger and Macnab⁹⁾ は 26.9% であったと報告されている。少しバラつきが見られるが一般人の値とあまり変わらないものである。体脂肪率の小さいとされる陸上競技の体脂肪率は一般人より小さいが、中・長距離選手の値よりはかなり大きなものであると言えよう。このことは、バスケットボール選手が長いトレーニングを行っていても体脂肪率を小さくするまでにはならないこと、言い換えれば、練習内容が有酸素的ではなく、無酸素的な体力を鍛えていることを示唆している。

本チームの $\dot{V}O_2\max$ の平均値は絶対値で 3.2(l/min)、体重当たり 51.2(ml/kg/min) であった。健常一般女子での絶対値は 1.6~1.8(l/min)、体重当たりでは 30~35(ml/kg/min) と報告されており¹⁾、選手の体格の大きいことを考えると絶対値の大きいことは当然であろうが、体重当たりの値でも大きくなっている。長期間のトレーニング効果と考えられよう。菅原たち²⁰⁾が以前におこなった本チームについての $\dot{V}O_2\max$ 値も 52.2(ml/kg/min) と今回のデータとほぼ同じレベルであった。アメリカの女子大学選手では Sinning²⁰⁾ が 44.8(ml/kg/min) と報告しており、今回の値より小さなものであった。陸上中・長距離選手などでは 60 ml を越える場合も報告されており²⁰⁾、バスケットボール競技では有酸素能力はかなりの程度まで必要であるが最大限までトレーニングすることはないと考えられよう。

最大酸素負債量の $O_2\text{debt max}$ は絶対値で 5.9(l)、体重当たりでは 92.5(ml/kg) であった。1979 年の本チームは絶対値で 7.0(l)、体重当たりでは 116.2(ml/kg) と報告されており²⁰⁾、今回のデータはそれらよりも下回っていた。黒田ら¹⁰⁾の一流中・長距離選手の値は 123(ml/kg) を示しており、 $\dot{V}O_2\max$ と同様に $O_2\text{debt max}$ でも下回っているが、その率は小さいと言える。一般に、最大酸素負債量の報告は少なく、バスケットボールが大きな無酸素性作業能力を必要としていることから、この方面の研究が今後必要であろう。

血液値は高校生での結果と同じ、すなわち貧血傾向であった。菅原たち²⁰⁾のデータでも Hb、Ht 値は今回とほぼ同じであった。貧血性所見が練習量の多いチームで顕著であることからこのチームも練習量の豊富であったことが考えられよう。このようなことから、激しい練習をしているバスケットボールの選手は特に栄養に注意する必要があることが示唆された。

表 1. 各測定項目の平均値と標準偏差

	高校 (N=19)		実業団 (N=11)	
	Mean	S. D.	Mean	S. D.
Age (yrs.)	16.8	0.57	21.2	1.60
Height (cm)	165.5	6.13	168.2	7.72
Weight (kg)	59.7	5.95	63.6	5.21
Skinfold-3 sites (mm)	41.2	8.81	40.7	11.88
-8 sites (mm)	106.8	18.12	109.7	28.22
% Fat-Nagamine (%)	18.6	3.25	19.7	4.57
Brožek (%)	21.5	3.44	17.8	5.12
Fat (kg)	13.0	3.00	11.4	3.96
LBM (kg)	46.7	3.98	52.1	3.75
LBM/Height	28.2	1.84	31.0	1.35
HR max (beat/min)	190.6	6.89	182.1	5.77
$\dot{V}O_2$ max (l/min)	2.8	0.19	3.2	0.27
(l/kg/min)	46.4	3.46	51.2	5.12
$\dot{V}E$ max (l/min)	104.0	11.16	112.6	11.93
O ₂ debt max (l)	5.2	1.33	5.9	0.91
(ml/kg)	87.2	21.50	92.5	16.08
Hb (g/dl)	13.1	1.02	12.8	1.44
Ht (%)	38.3	3.04	38.0	3.98
SFe (micg/dl)	103.8	42.89	80.4	29.27

表 2. 高校チームの一年間のトレーニング効果

	FIRST		SECOND		Difference
	Mean	S. D.	Mean	S. D.	
Height (cm)	165.3	8.36	165.9	8.73	0.6
Weight (kg)	58.7	7.82	58.8	7.78	0.1
Skinfold-3 sites (mm)	40.5	8.73	39.8	4.71	-0.7
-8 sites (mm)	111.0	21.25	102.9	10.22	-8.1
% Fat-Nagamine (%)	19.0	3.30	18.8	3.00	-0.2
Brožek (%)	19.4	4.30	20.1	2.70	0.7
Fat (kg)	11.6	3.56	11.9	2.98	0.3
LBM (kg)	47.1	5.33	46.8	5.32	-0.3
LBM/Height	28.4	1.82	28.2	2.16	-0.2
HR max (beat/min)	192.5	8.24	190.7	7.42	-1.8
$\dot{V}O_2$ max (l/min)	2.7	0.13	2.7	0.17	0
(l/kg/min)	46.4	4.56	45.8	3.96	-0.6
$\dot{V}E$ max (l/min)	95.3	11.61	101.5	13.08	6.2
O ₂ debt max (l)	4.0	0.90	5.5	1.08	1.5 (*)
(ml/kg)	68.6	13.20	93.8	17.45	25.2 (**)
Hb (g/dl)	13.4	0.87	13.4	0.93	0
Ht (%)	42.2	2.27	39.1	1.90	-3.1 (**)
SFe (micg/dl)	76.0	37.49	112.5	33.52	36.5

* p<0.05

** p<0.01

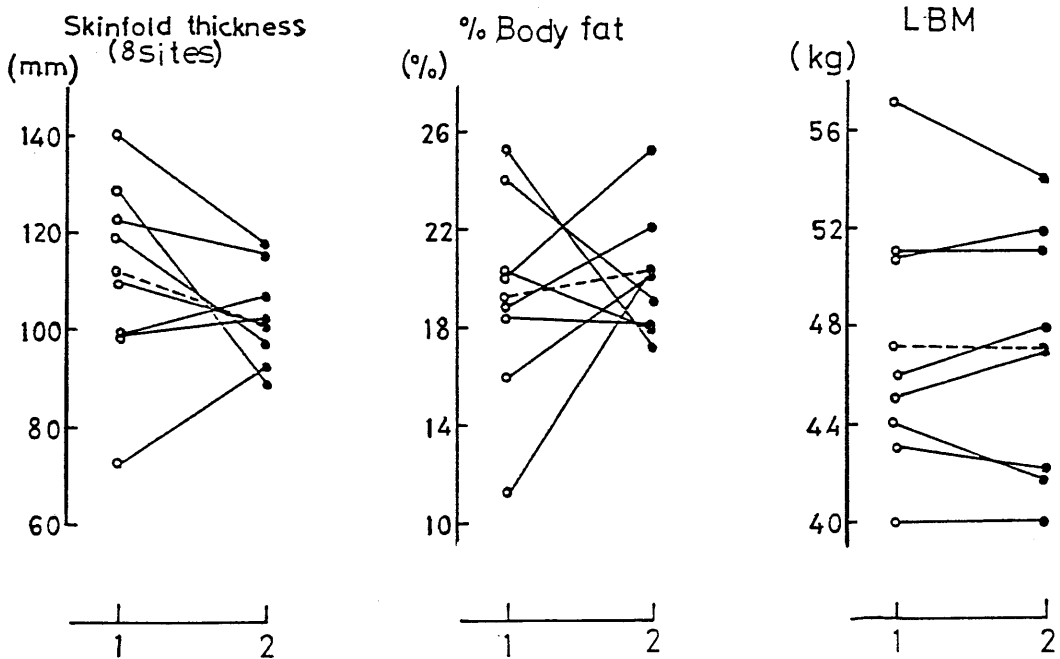


図1. 皮脂厚, 体脂肪率, 除脂肪体重の一年間の推移

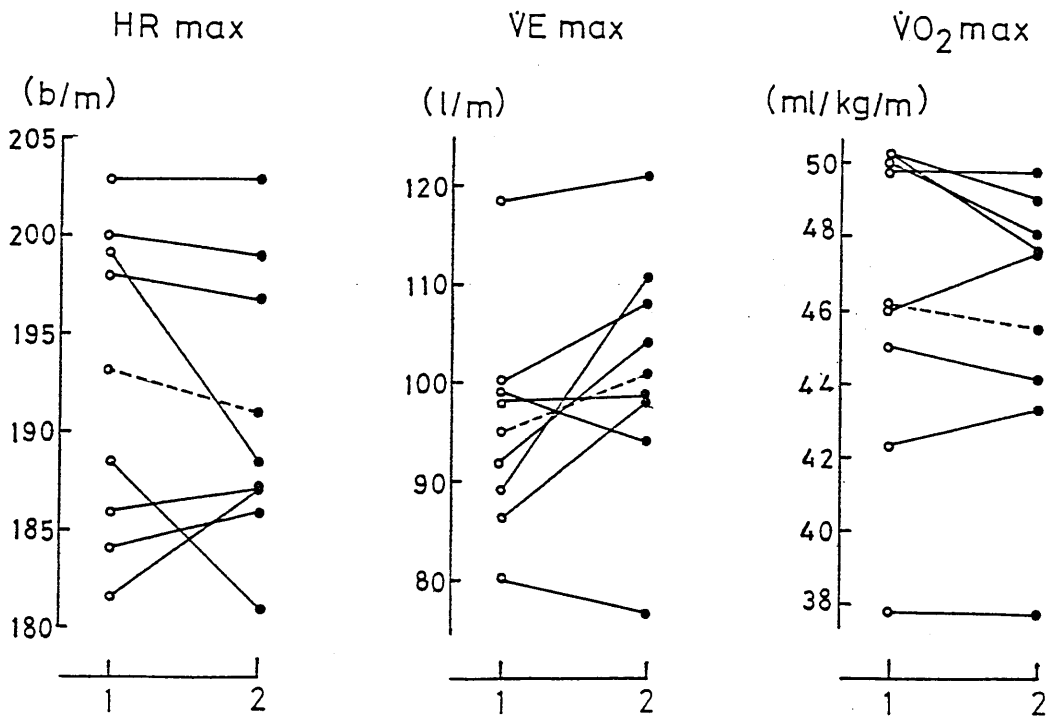


図2. 最大心拍数, 最大換気量, 最大酸素摂取量の一年間の推移

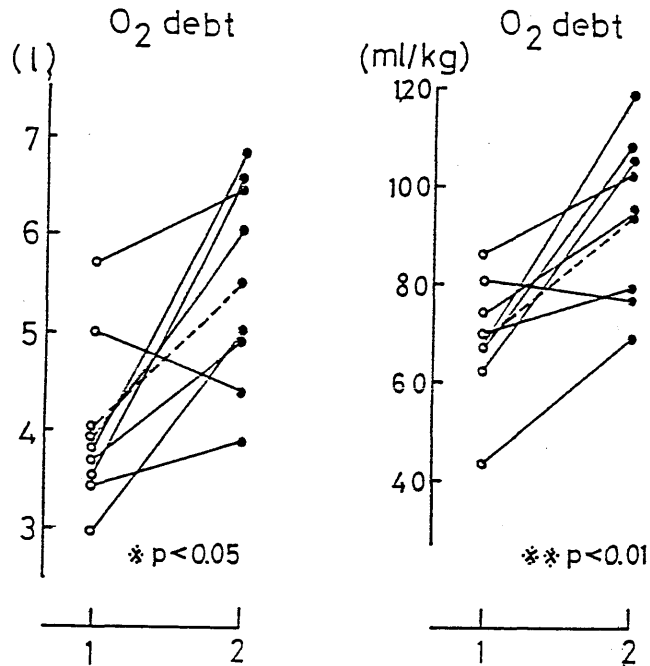


図3. 絶対値及び体重当りの酸素負債量の一年間の推移

4. まとめ

- 1) 身長、体重からみた体格はかなり大きかったが、体脂肪率は陸上中・長距離選手ほど小さくなく、日常の練習で競技に必要な体力が培われていることを考えると、競技に必要な体力は第一に無酸素性作業能力であることがわかった。
- 2) 有酸素的作業能力の指標である $\dot{V}O_2\max$ は一般人より大きく、高校生では他種目等と比べてかなり、また実業団選手では非常に大きな値を示した。無酸素的作業能力を示す $O_2\text{debt max}$ は絶対値、相対値ともかなり大きく、また高校生の一年間のトレーニング効果でも増加のみられた唯一の項目であった。以上のことより、バスケットボールでは有酸素能力をかなりのレベルまで鍛えたうえに且つ、無酸素性能力を極めて高いレベルまでトレーニングする必要性が示唆されたといえよう。
- 3) 貧血の傾向が高校及び実業団の双方に見られたことから、日常の技術、体力に関する練習だけでなく栄養の面にも考慮を払う必要が示唆された。

謝 辞

本研究は長崎県体育協会スポーツ医・科学委員会が競技力向上を目的として行っている体力測定の一環として行われたものである。本研究の被験者になられた純心高校と三菱重工バスケットボール部の監督はじめ選手の方々、およびこの機会を与えていただいた長崎県体育協会スポーツ医・科学委員会に深く感謝致します。

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力に関する研究. 体育学研究, 16, 197-213, 1972.
- 2) 跡見順子, 女子陸上選手の形態的特徴と身体組成-女子のスポーツ適性に関する研究第一報. 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告, 1, 45-59, 1981.
- 3) 跡見順子, 伊藤克子, 宮下充正. 中高年女子にみられる有酸素的作業態のトレーニング効果. 体育学研究, 18, 253-260, 1974.
- 4) Bchnke A.R. and Wilmore. J.H. Evaluation and regulation of body build and composition. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N.j., 1974.
- 5) Brožek. J., Grande. F., Anderson J.T. and Keys. A. Densitometric analysis of body compoition: Revision of some quantitative assumptions. Ann. N. Y. Acad. Sci., 110, 113-140, 1963.
- 6) Conger. P.R. and Macnab. R.B.J. Strength, body comosition, and work capacity of participnats and nonparticipants in women's intercollegiate sports. Research Quarterly. 38, 184-192, 1967.
- 7) Hermansen. L. Anaerobic energy release. Med. Sci. Sports. 1, 32-38, 1969.
- 8) 石崎忠利, 吉沢茂弘. 夜間高校定時制生徒の有酸素的作業能力に関する研究. 体力科学, 25, 129-138, 1976.
- 9) 伊藤朗, 鈴木政登, 山口幸雄, 井川幸雄. 主婦の長期(2年2ヶ月)60% $\dot{V}O_{2max}$ トレーニングと体力および血液科学成分値の動態. 体育の科学, 5, 71-82, 1977.
- 10) 金井泉, 金井正光編. 臨床検査法提要. 金原出版, 東京, 1969.
- 11) 北川薫. 肥満者の脂肪量と体力. 杏林書院, 東京, 1984.
- 12) 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.
- 13) 厚生統計協会. 国民衛生の動向. 1989, 東京.
- 14) 黒田善雄, 伊藤静夫, 塚越克己, 雨宮輝也, 鈴木洋児. 日本人一流競技選手の最大酸素摂取量並びに最大酸素負債量-第2報. 日本体育協会スポーツ科学研究報告集(昭和48年度), 9, 1-27, 1973.
- 15) 黒田善雄, 塚越克己, 雨宮輝也, 伊藤静夫, 北嶋久雄. 第21回モンテリオールオリンピック日本代表選手体力測定報告, I. 体力測定結果. 日本体育協会スポーツ科学研究報告集(昭和50年度), 11, 1-72, 1975.
- 16) 黒田善雄, 塚越克己, 雨宮輝也, 伊藤静夫, 金子敬二, 松井三智子. 日本人一流競技選手の最大酸素摂取量並びに最大酸素負債量-第3報. 日本体育スポーツ科学研究報告集(昭和48年度), 13, 1-20, 1977.
- 17) 長嶺晋吉, 井川幸雄, 磯貝行秀, 香川芳子, 黒田善雄, 鈴木一正, 伊藤静夫. スポーツ選手における貧血の発生と予防に関する研究-第一報, 貧血発生の実態について. 日本体育協会スポーツ科学研究報告集(昭和50年度), 11, 1-25, 1975.

- 18) 鳴海寛, 福田広夫. バスケットボール競技における身長差と勝敗について. 日本体育学会第28回大会予講集, pp.495, 1977.
- 19) 水谷豊. 女子バスケットボールにおける選手の素質の見わけ方・育て方. 体育の科学, 28, 110-114, 1978.
- 20) Sinning W.E. Body composition, cardiorespiratory function, and rule changes in women's basketball. Research quarterly, 44, 313-321, 1973.
- 21) Sinning W.E. and Adrin, M.R. Cardiorespiratory changes in college women due to a season of competitive basketball. J. of Appl. Physiol., 25, 720-724, 1968.
- 22) 新版日本血液学全書刊行委員会. 新版日本血液学全書 13, 血液学的検査・正常値. 丸善, 東京, 1979.
- 23) 菅原正志, 吉本修, 田原靖昭, 平田文夫, 湯川幸一, 長谷川良子. 女子バスケットボールチームにおけるトレーニングとコンディショニング—体格・体力・血液値の1年間の推移—. 長崎大学教養部紀要自然科学篇, 23, 23-32, 1983.
- 24) 豊岡示朗, 高島篤子. 女子一流長距離選手の Aerobic work Capacity. 大阪体育大学紀要, 13, 37-43, 1982.
- 25) 綱分憲明, 田原靖昭, 西澤昭. 長崎県内男子一流長距離選手の身体組成, 最大酸素摂取量及び最大酸素負債量. 長崎県立女子短期大学研究紀要, 37, 41-49, 1989.
- 26) 漆原誠, 土屋典子, 小野武雄, 本多宏子, 池田舜一, 吉沢茂弘. 高校女子バスケットボール選手の体力とその変化について. 体育の科学, 34, 831-836, 1984.