

# 陸上競技選手のアネロビックパワーに 関する一考察

——本学中・長距離選手の基礎的体力測定を中心として——

川 崎 勇 二

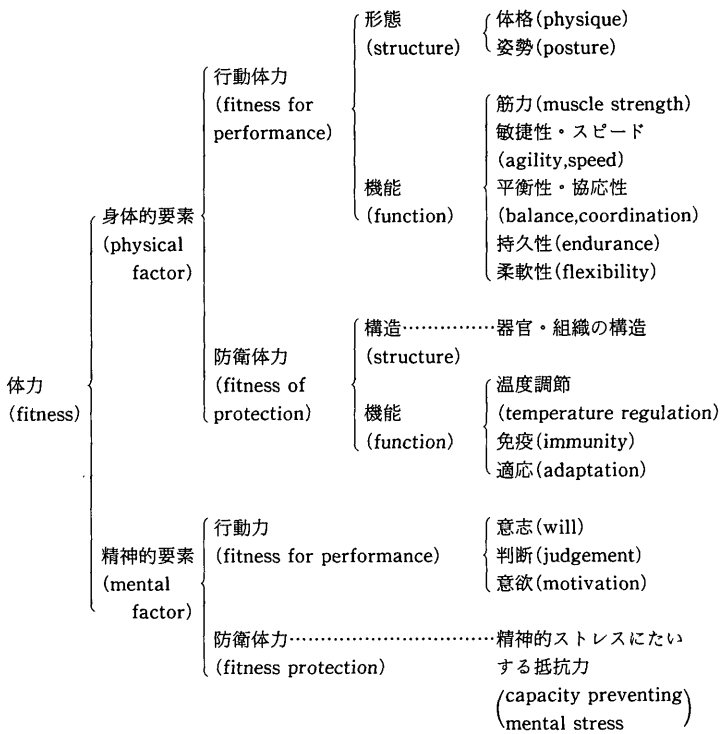
〈目 次〉	1	緒 言
	2	目 的
	3	方 法
	4	結果と考察
	5	結 論

1 緒 言

“体力”という言葉は、耳馴れた邦語として日常生活にしばしば登場してくる。しかし、体力という概念を具体的に表わそうとすると、必ずしも容易でなく、また人によって理解のしかたが違う。

一般によく知られているものの一つに、クラーク (Clarke, H. Harrison) の定義がある。彼は、「体力とは、活力と機敏さを持って日常課題を遂行し、過度に疲労することなしに、十分なエネルギーを持って、余暇活動に参加し、また、不測の状況や予期せぬ緊急事態にも対処しうる能力である。」と述べている。

表 1 体力の構成要素



また、猪飼は、体力について、「人間の生存と活動の基礎をなす身体的および精神的能力である。」と述べている。この定義の内容を詳しく説明したものが、表1である。

表1が示すように、体力は身体的要素と精神的要素に大別される。一般に体力とは身体的要素をさすところが多い。身体的要素も、身体的作業能力、運動能力を意味する行動体力と病気等に対する身体の抵抗力を意味する防衛体力に分けられ、やはり一般には、作業や運動をする能力(行動体力)を体力と位置づけることが多い。

行動体力の機能要素として、筋力、敏捷性・スピード、平衡性・協応性、持久性、柔軟性があげられているが、キュアトン(Cureton, T. K.)や福田らはさらに“パワー”をこれに加えている。特にキュアトンは、<sup>(1)</sup>パワーを「非常に爆発的な努力をし、最大努力で急速に全身を動かす能力である。物理的には力×スピード」で表わされる。」と定義している。

パワーはエネルギー供給のメカニズムにより、有酸素パワー(Aerobic Power)と無酸素パワー(Anaerobic Power)に分けられる。前者は長い時間のパワー発揮の際のグリコーゲン燃焼による有酸素的なエネルギー供給によるものであり、後者は短い時間のパワー発揮の際の燐原質分解と解糖による無酸素的なエネルギー供給によるものである。

そこで、パワーと時間との関係に、筋収縮のエネルギー源となる三つの要素を描き加えたものが、図1<sup>(2)</sup>である。この図から、それぞれの長さの時間でどのエネルギー供給機構が重要であるかがわかる。

しかし、この図はスポーツ競技を考えると、あまり实际的でない。そこで、運動時間のある時間帯で区切って表にしたのが、表2<sup>(3)</sup>である。この時間帯との関係で、それぞれの運動種目がどのエネルギー供給機構を必要とするかがよくわかる。

“アネロビック(Anaerobic)”という言葉は、新聞・雑誌や日常会話にあまり登場してこない。アネロビックはエアロビック(Aerobic)の対語と考えてよいだろう。つまり、空気(または酸素)のない状態を意味する形容詞である。体育・スポーツの分野では“無氣的(無酸素的)”という訳語を当てることが多い。

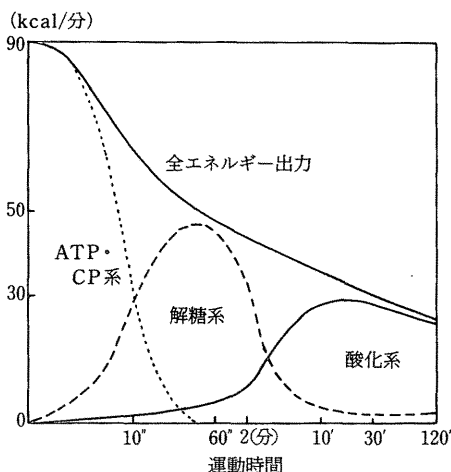


図1 いろいろな時間の最大運動時の  
エネルギー供給機構

表2 運動時間帯別のエネルギー供給機構とスポーツ種目

段階	運動時間	エネルギー供給機構	スポーツの種類 (例)	サッカーの場合
1	30秒以下	ATP・CP	砲丸投げ, 100 m走, 盗塁, ゴルフ, テニス, アメリカンフットボールのバックスのランニングプレー	シュート, ヘディング, タックル, ダッシュ
2	30秒～1分30秒	ATP・CP + 解糖	200 m走, 400 m走, スピードスケート (500 m, 1000 m), 100 m競泳	連続した攻守の動き
3	1分30秒～3分	解糖 + 酸化	800 m走, 体操競技, ボクシング (1ラウンド), レスリング (1ピリオド)	—
4	3分以上	酸化	1500 m競泳, スピードスケート (10000 m), クロスカントリースキー, マラソン, ジョギング	90分間の動き

無酸素的運動は先にも述べたが、燐原質（アデノシン三燐酸とクレアチン燐酸）を燃料とした非乳酸性過程のエネルギーに依存する運動とグリコーゲンの無酸素的分解による乳酸性過程のエネルギーに依存する運動とに分類される。エネルギー供給の速さと持続時間からみて、筋の単発収縮による跳躍や投てき運動、および反復収縮による短距離疾走がその前者に、中距離疾走がその後者に属す

る。

しかし、一般に筋の単発収縮による運動は瞬発力（または筋パワー）として位置づけられ、アネロビックパワーといえ、筋の反復収縮により無酸素的になされる運動がその対象とされる。つまり、短距離・中距離疾走やそれに類する運動の出力パワーとして位置づけられている。

最近、自転車エルゴメーターを使つての全力ペダリングによるアネロビックパワーの測定報告が盛んである。<sup>(4)(5)(6)</sup> その代表的な例として、広範囲な年齢層について測定した生田らの報告がある。<sup>(7)</sup>

また、マルガリアらにより、階段を全力でかけ上がることに、アネロビックパワーを測定する方法（マルガリアテスト）も報告されている。<sup>(8)</sup>

両報告ともアネロビックパワーと年齢、性差、鍛練の有無との関係を検討しているが、性差、鍛練の有無にほとんど関係なく、アネロビックパワーは年齢による直線的な発達を経て成熟（18～20歳時）とともにピークに達するものと考えられる。

したがって、ピーク時の年齢、つまり大学生におけるアネロビックパワーの測定は、極めて意義のあるものと考えられる。

陸上競技においては、小林らによる日本陸上競技連盟選抜のジュニア選手（16～18歳）を対象にしたアネロビックパワーの報告がある。<sup>(9)</sup>

陸上競技は、その種目によって、走・跳・投に分けられ、各々単一の常に不変の物理的計測値（時間・長さ）に基づいて評価される。したがって、各種目の特性によって、筋力・瞬発力・敏捷性・柔軟性・持久力などあらゆる体力要素が記録や成績に影響を及ぼす。このような体力要素を含む身体的能力向上のためには、技術トレーニングと体力トレーニングが必要である。つまり、スキルの向上とパワーの向上が調和されてはじめて、競技能力を高めることができると考えられる。

体力向上のためのパワートレーニングは、陸上競技に限らず、全ての競技種目の基礎となるものであり、パワーの向上なくして競技成績の向上をはかることは困難であろう。

そこで、本研究は、パワーの中の短時間運動にともなう無酸素パワー（Anaer-

obic Power)と陸上競技の競技能力との関連, また基礎的体力項目との関連についての分析をし, 陸上競技の競技能力向上のための, 効率的なトレーニング方法を見い出そうとする試みである。

## 2 目 的

本研究は, 自転車エルゴメーターを利用して, 陸上競技の中・長距離選手のアネロビックパワー (最大無酸素パワー) を測定し, その特性を明らかにするとともに, 陸上競技 (中・長距離) 選手の競技能力とアネロビックパワーの関係, および基礎的体力項目との関連性について比較検討し, 競技能力向上に寄与する知見を求めることを目的とした。

## 3 方 法

### (1) 対象

被験者は, 本学陸上競技部, 中・長距離部員 男子 19 名 (18~21 歳) であった。  
(上級生 9 名, 新人生 10 名)

### (2) 測定項目

a) 形態: 身長 stature, 体重 body weight

b) 基礎的体力項目

- ・垂直跳 vertical jump (瞬発力)

反動動作を利用

- ・立位体前屈 trunk flexion (柔軟性)

- ・伏臥上体反らし wing lift (柔軟性)

- ・握力 grip strength (筋力)

スمدレー式握力計を使用

利き手のみ測定

- ・背筋力 back strength (筋力)

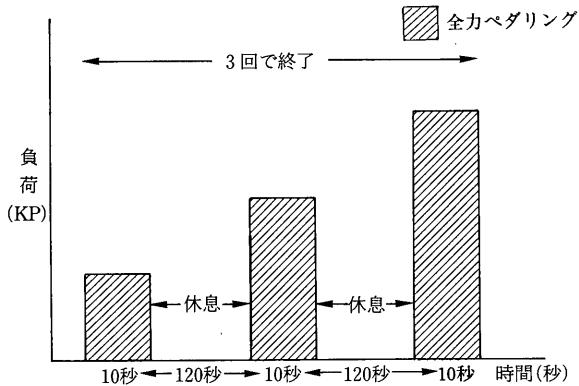


図2 最大無酸素パワーテストの構成

スモドレー式握力計を使用

#### c) アネロビックパワー（最大無酸素パワー）

最大無酸素パワーの測定には、Combi 社製の POWER MAX-V を使用した。コンビ POWER MAX-V は、コンピューター制御で個人の能力により自動的に負荷制御がなされ、個人別の最大無酸素パワーの評価をする自転車エルゴメーターである。

このプログラムは、被験者の性別・体重をコンピューターに入力することにより、最大無酸素パワーの測定、およびハイパワー（非乳酸性）トレーニング、ミドルパワー（乳酸性）トレーニングの至適負荷値（各個人に最も効果的なトレーニング強度）を算出するものである。

被験者は十分なウォーミングアップを行なった上で、測定を開始し、各人のパワーレベル（最大努力）に合わせて適正に負荷調整された3段階の全力ペダリング（各10秒間）を行ない、それぞれの運動負荷と最高ペダル回転数の関係から最大無酸素パワーを算出する。その構成を図2に示す。

#### (3) 分析手法

中・長距離選手の競技能力と基礎的体力項目およびアネロビックパワーの関

連を比較検討するために、本学陸上競技部員を、新入生部員および上級生部員（2, 3, 4年生）に分けそして、すでに報告されている一流競技選手（1987年日本陸上競技連盟選抜のジュニア強化選手の報告された資料）と合わせて3群に分類して、統計的に分析した。

## 4 結果と考察

### (1) 中・長距離選手3群における測定項目の平均値の比較

比較の対象を、一流競技選手（A群）、本学陸上競技部上級生（B群）、本学陸上競技部新入生（C群）の3群とし、それぞれ各項目の平均値を比較した結果を表3に示した。

各群間は、t検定を用いて、それぞれ平均値の差の検定を行なった。

はじめに、A群とB群を比較すると、アネロビックパワーの絶対値、体重当たり（以下「相対値」と呼ぶ）の双方において、5%水準を越え、また、800mの記録（以下、ここでは「競技記録」と呼ぶ）においては、1%水準を越える有意な差が認められた。

次に、A群とC群を比較すると、先の比較と同様に、5%水準を越える有意な差が認められたのは、アネロビックパワーの絶対値と相対値の2項目であった。また、1%水準を越える有意な差が認められたのは、競技記録であった。

最後に、B群とC群を比較すると、各項目において、有意な差は認められなかった。

以上の結果から、B群とC群は、各項目にあまり大きな差のない等質的な集団であると考えられる。すなわち、本学の陸上競技部の上級生と新入生においては、形態的、体的および競技記録にほとんど差のない同等レベルの選手層であるといえる。

しかし、A群は、B群やC群に対して、形態および基礎的体力項目にあまり差はないが、アネロビックパワーと競技記録に有意な差が認められたため、明らかに本学陸上競技選手とは異なるハイレベルの選手層であるといえる。特に



表3 中・長距離選手3群における各側定平均値の比較

	A-群	B-群	C-群	<t検定>		
	Mean(S.D.)	Mean(S.D.)	Mean(S.D.)	A-B	A-C	B-C
1 身長	171.5(2.9)	171.7(4.7)	171.5(7.1)	.08	0	.07
2 体重	62.63(4.01)	59.56(6.30)	58.10(6.30)	1.47	1.32	.62
3 垂直跳	65.50(11.03)	57.11(6.07)	56.20(9.44)	1.80	1.59	.25
4 立位体前屈	10.13(7.55)	10.78(3.63)	12.90(3.70)	.22	.95	1.26
5 伏臥上体反らし	60.25(6.90)	51.89(5.75)	56.90(4.98)	2.28*	1.03	2.04
6 握力	46.00(5.05)	45.00(5.79)	46.30(5.01)	.30	.10	.53
7 背筋力	134.8(11.6)	130.0(26.8)	138.4(21.3)	.34	.31	.76
8 アネロビックパワー (絶対値)	872.5(119.4)	716.1(99.9)	702.4(130.4)	2.47*	2.25*	.25
9 アネロビックパワー (体重当たり)	14.25(1.44)	11.99(1.16)	12.02(1.33)	3.03*	2.78*	.05
10 800 m記録	113.7(3.5)	125.5(3.9)	125.1(6.5)	5.17**	3.27**	.16

※ A群：一流競技選手  
 B群：本学陸上競技部 上級生  
 C群：本学陸上競技部 新入生

\* P < 0.05  
 \*\* P < 0.01

アネロビックパワーの差と競技記録の差においては、相互に何らかの関係が存在するものと考えられ、更に検討をする必要がある。

## (2) 中・長距離選手3群の基礎的体力項目および競技記録における相関関係

各項目の測定値間における相互相関マトリックスを、A群を表4に、B群を表5に、そして、C群を表6にそれぞれ示した。

はじめに、A群における各項目の測定値間の相関をみると、競技記録とアネロビックパワーの絶対値においては、 $r = .95$ という高い相関係数が算出された(5%水準を越える有意性)。また、競技記録と相対値においては、有意性は認められなかったものの、 $r = .73$ という比較的高い相関がみられた。

次に、B群の相互相関をみると、競技記録と有意性が認められた項目は、握力および背筋力であった(5%水準)。また、競技記録とアネロビックパワーに注目すると、絶対値においては、 $r = .60$ 、相対値においては、 $r = .57$ と有意性は認められないものの、やはり、比較的高い相関がみられた。

表 4 中・長距離選手（一流競技選手：A群）基礎的体力項目間の相互相関マトリックス

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 身長		.90	-.78	-.40	-.12	.56	-.24	-.38	-.73	-.09
2 体重			-.44	-.68	-.12	.70	-.14	.04	-.38	.35
3 垂直跳				.04	.33	-.01	.52	.70	.83	.55
4 立位体前屈					.62	-.13	.53	-.67	-.33	-.81
5 伏臥上体反らし						.63	.98*	-.33	-.25	-.28
6 握力							.62	-.09	-.37	.18
7 背筋力								-.12	-.04	-.09
8 アネロビックパワー (絶対値)									.91	.95*
9 アネロビックパワー (体重当たり)										.73
10 800 m記録										
Mean	171.5	62.63	65.50	10.13	60.25	46.00	134.8	872.5	14.25	113.7
S. D.	2.9	4.01	11.03	7.55	6.90	5.05	11.6	119.4	1.44	3.5

\* P&lt;0.05

\*\* P&lt;0.01

表 5 中・長距離選手(本学陸上競技部上級生：B群)基礎的体力項目間の相互相関マトリックス

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 身長		.53	.31	-.30	-.38	.11	.27	.25	.10	.13
2 体重			.90**	.04	-.49	.61	.70*	.91**	.80*	.42
3 垂直跳				.34	-.53	.62	.53	.86**	.76*	.53
4 立位体前屈					-.10	-.10	-.09	.06	.03	.23
5 伏臥上体反らし						-.24	-.28	-.58	-.58	-.42
6 握力							.80**	.71*	.73*	.77*
7 背筋力								.71*	.68*	.70*
8 アネロビックパワー (絶対値)									.98**	.57
9 アネロビックパワー (体重当たり)										.60
10 800 m記録										
Mean	171.7	59.56	57.11	10.78	51.89	45.00	130.0	716.1	11.99	125.5
S. D.	4.7	3.24	6.07	3.63	5.75	5.79	26.8	99.9	1.16	3.9

\* P&lt;0.05

\*\* P&lt;0.01

表6 中・長距離選手(本学陸上競技部新入生:C群)基礎的体力項目間の相互相関マトリックス

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 身長		.99**	.66*	-.16	0	.54	.26	.85**	.45	.76**
2 体重			.65*	-.21	-.04	.55	.36	.83**	.42	.79**
3 垂直跳				.21	.17	.30	.28	.63	.41	.70*
4 立位体前屈					.33	-.10	-.12	.02	.19	.03
5 伏臥上体反らし						-.50	-.25	-.17	-.25	-.21
6 握力							.37	.55	.40	.64*
7 背筋力								.38	.29	.63*
8 アネロビックパワー (絶対値)									.85**	.85**
9 アネロビックパワー (体重当たり)										.63*
10 800 m記録										
Mean	171.5	58.10	56.20	12.90	56.90	46.30	138.4	702.4	12.02	125.1
S. D.	7.1	6.30	9.44	3.70	4.98	5.01	21.3	130.8	1.33	6.5

\* P&lt;0.05      \*\* P&lt;0.01

最後に、C群の相互相関をみると、競技記録と有意性が認められたのは6項目にも及んだ。すなわち、垂直跳び、握力およびアネロビックパワーの相対値の3項目は5%水準、さらに、身長、体重およびアネロビックパワーの絶対値の3項目は1%水準で有意性が認められた。ここでも、競技記録とアネロビックパワーにおいては、絶対値で $r = .63$ 、相対値で $r = .85$ とそれぞれ有意な高い相関係数が算出された。

以上の結果、競技記録とアネロビックパワー(絶対値・相対値)との相関は比較的高く、特にA群とC群においては、有意性が認められた。

一般に、中・長距離走は、体重を移動させる走運動の典型であり、特に体重の要素を無視することはできない。そこで、体重1kg当たりのアネロビックパワー(有効パワーの発揮能力)、いわゆる相対値と疾走能力<sup>(10)</sup>の関係は、他のどの項目間の関係よりも意義のあるものといわれている。

したがって、ここでは、双方にたいへん密接な関係が認められたため、競技記録(ここでは、800 mの記録)が高い選手は、体重当たり(相対値)においても高いパワーを発揮する能力を持つものと考えられる。

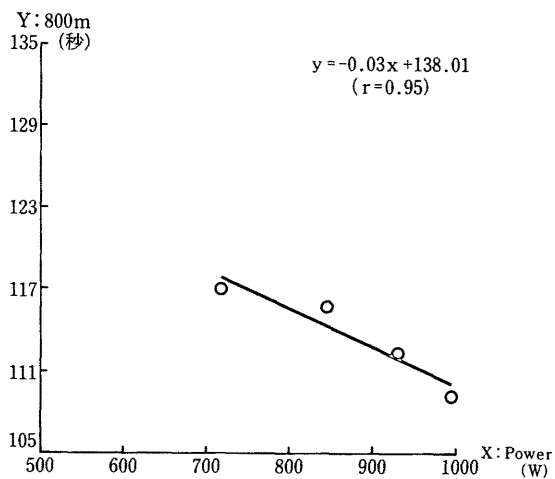


図3 一流競技選手 (A群) の800mの記録と  
アネロビックパワーの関係

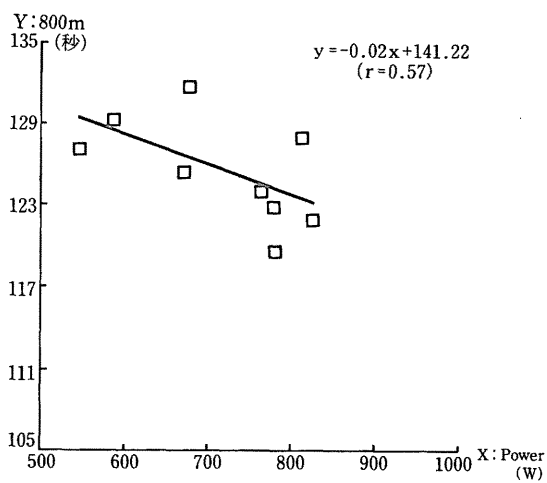


図4 本学陸上競技部上級生 (B群) の800mの記録と  
アネロビックパワーの関係

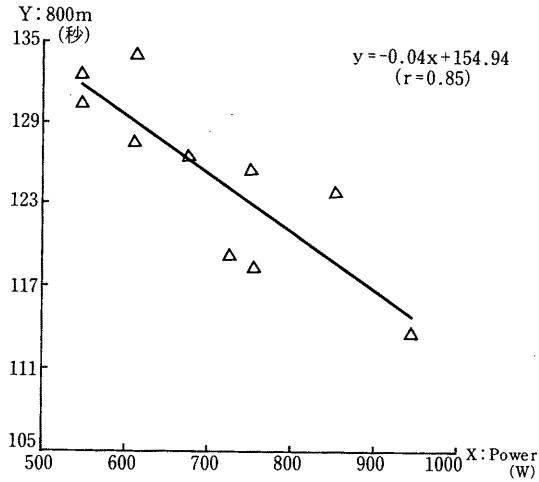


図5 本学陸上競技部新入生(C群)の800mの記録とアネロビックパワーの関係

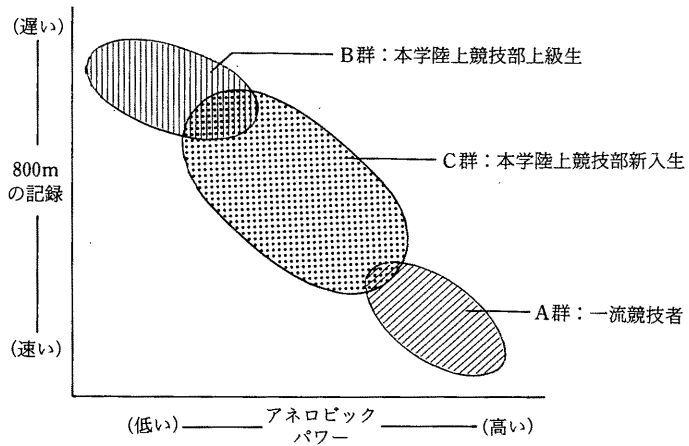


図6 3群の800mの記録とアネロビックパワーの関係の簡略図

### (3) 中・長距離選手 3 群における 800 m の記録と アナEROビックパワーの関係

競技記録とアナEROビックパワー（絶対値）との関係を、それぞれ図 3（A 群）、図 4（B 群）、図 5（C 群）に示した。さらに、3 群を合わせた簡略図を図 6 に示した。

各図から、アナEROビックパワー（絶対値）が高い値の選手は、800 m の記録も高い傾向がみられた。次に、3 群を比較すると、A 群は競技記録、アナEROビックパワー（絶対値）ともに、たいへんレベルの高い集団であった。また、B 群は、競技記録、アナEROビックパワー（絶対値）ともに、レベルの低い集団であるといえる。一方、C 群は B 群と各項目の測定値において、あまり差のない等質的な集団であるにもかかわらず、A 群と B 群の中間型の傾向を示した。これは、C 群の中に A 群と同レベルの高い競技記録（800 m の記録）を持つ選手が 1 名存在しているためと考えられる。この選手は、アナEROビックパワーの絶対値においては抜群の測定値を記録しているが、形態的に大型（186 cm, 70 kg）の選手であるため、相対値においては他の選手とあまり差はない。

したがって、先にも述べたように、中・長距離走という種目の特殊性を考えるならば、絶対値を高めることもさることながら、体重当たりのアナEROビックパワー（相対値）を高めることが、競技記録向上に何らかの影響を及ぼすものと考えられる。

## 5 結 論

中・長距離走では、一般的にエネルギー供給機構の過程において、特に有酸素性能力（エアロビックパワー）が重要視されているが、本研究では、競技記録と無酸素性能力（アナEROビックパワー）との関係において、深い関連性を見出した。

要するに、中・長距離走における疾走能力を高めるためには、ハイレベルの

有酸素性能力もさることながら、爆発的でしかも持続的な脚の回転運動を産出する反復的な出力パワー（いわゆるアネロビックパワー）が必要となる。したがって、アネロビックパワーを高めるためのトレーニングが、競技記録向上に影響を及ぼす一要因となるであろう。

しかしながら、競技の記録向上の過程に影響を及ぼす要因は、このような身体的および体力的な要素ばかりでなく、スキル（技術面）やメンタル（精神面）な要素など、極めて複雑多岐な分野に及ぶものと考えられている。

本研究では、競技記録にかかわる体力的要素のほんの一部分を検討したにすぎない。よって、中・長距離走の総合的なトレーニングに言及するならば、本研究で得られたアネロビックパワーの重要性をトレーニング内容に位置づけ、その頻度、強度および時間など様々な検討、工夫が必要であろう。

#### 〔引用・参考文献〕

- (1) Cureton, T. K.: Physical fitness Appraisal and Guiaance, The C. V. Mosby Co., 1947.
- (2) Howald, etal., 1978.
- (3) Fox, 1979 年に浅見俊雄, 加筆.
- (4) 山川純:「全力ペダリングにおける出力パワー, 回転速度, トルクの時間経過の変化」日本体育協会スポーツ科学研究報告 No. V: 21-29. 日本体育協会, 1972.
- (5) 小田伸午・宮下充正・金久博昭:「無酸素性パワーの個人差について」日本体育学会大会号 30: 246, 1979.
- (6) 橋本修・永田晟:「自転車エルゴメーターによるラグビー選手の瞬時パワー発揮」日本体育学会大会号 37: 294, 1986.
- (7) 生田香明・猪飼道夫:「自転車エルゴメーターによる Maximan Anaerobic Power の発達研究」体育学研究 17: 151-157, 1972.
- (8) Margaria, R.: Measurement of muscular power (anaerobic) in man. J. Appl. physical., 21: 1662-1664, 1966.
- (9) 小林寛道・桜井伸二・蛭田秀一・石田浩司・金尾洋司:「ジュニア選手の専門種目選択の指標としての体力測定について」日本体育協会スポーツ医・科学研究報告, No. 11: 205-224, 日本体育協会, 1987.
- (10) 矢部京之助:『スポーツとパワー』160-163, 大修館書店, 1977.