

## 5 呼吸循環機能からみた 柔道選手の体力の特徴

東京大学 猪飼道夫  
芳賀脩光  
大阪体育大学 金子公宥

### 1. 緒 言

柔道の競技の特殊性は対一の戦いであり、その内容は格闘競技である。相手とお互いに組みながら体捌きの変化とともに技を施すものである。柔道の勝敗はこの技の鋭さによって決定するものである。従って勝負を決する第一の要因は「技」そのものの技術の獲得である。しかしながら、競技を行う場合にはその技術を支える体力的要因が大きな要素を持つ。すなわち、あらゆる機会をとらえて技を縦横に駆使するには技術以外の筋力、瞬発力、敏捷性、スタミナとして考えられる全身の持久性の問題がより重要な事柄となって来るのである。

実際、柔道の乱取り中の動きは激しく、その時の心拍数は明らかに人の限界である毎分180回に達していることが、猪飼<sup>(1)</sup>、金子たちによって報告されている。また杉本たちについてエネルギー代謝の測定結果は柔道が呼吸循環機能に相当の負担を与えることを指摘している。更に柔道選手群の呼吸循環機能を他の対照群と比較したテストの結果はこの面における柔道選手の問題点を指摘している。

本研究では、最大酸素摂取量、最大心拍出量、肺拡散容量などの指標について、陸上競技の中、長距離選手、及び成人男子と対比しつつ柔道選手の全身持久性からみた体力とその分析を試みた。

### 2. 被 検 者

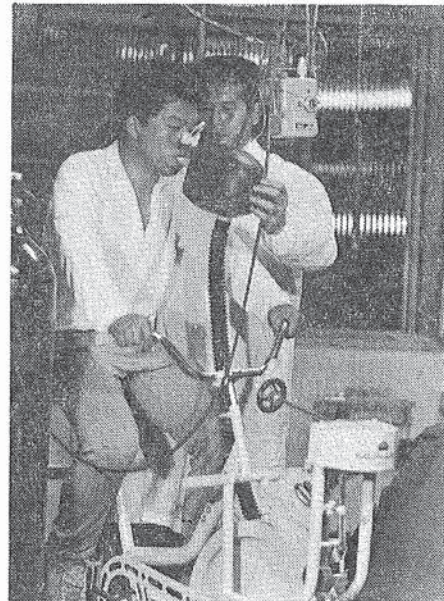
柔道選手については大学柔道部員15名とその卒業生2名で合計17名である。

(2段…7名、3段…7名、4段…1名、5段…2名)、この選手群には全日本柔道選手権大会出場者には含まれていないが、いずれも6年以上の競技歴を持つ現役選手である。対象群中の中、長距離選手10名は大学陸上競技部員である。成人男子15名は健康な一般男子と大学院の学生が含まれている。

### 3. 測定方法

実験は1970～1971年に東京大学体育学研究室において行なわれたものである。作業負荷の与え方。被検者はモナーク式自転車エルゴメーターを用い、初め 1.5

実験風景



kpで2分間ウォーミングアップし、2分間休憩、その後メトロームにあわせてペダルの回転速度は1分間60回とし、初期の作業強度から2分間は一定負荷法で、その後1分毎に強度を増加し、およそ5～6分でオールアウトになる漸増負荷法である。前頁の写真は実験風景である。

#### (1) 最大酸素摂取量の測定

方法の項で述べた如く自転車エルゴメーターで負荷を増加し定常状態になったと思われる点、即ち運動開始後4分目からオールアウトになるまでの呼気量をダグラスバック法を用いて採気した。呼気の分析はショランダー微量ガス分析器を用いた。

#### (2) 最大心拍出量の測定

オールアウト直前1分間の呼気ガスを採取し、炭酸ガス排出量を測定する。オールアウト直後、直ちにおよそ2.0～3.0リットルの混合ガス（炭酸ガス…4%，酸素96%）を再呼吸させLB-1型炭酸ガス分析器により濃度の変化を記録し、これをフィックの式に代入して心拍出量を算出した。又運動中の心拍数を電氣的に誘導し、これによって1回拍出量を求めた。

#### (3) 肺拡散容量の測定

オールアウトになるおよそ1分間前から、前もって空気に一酸化炭素を混合して作成した0.05%の一酸化炭素濃度の呼気ガスを呼吸させた。肺胞内の一酸化炭素分圧を一定にして酸素摂取量、一酸化炭素摂取量を求めた。肺拡散容量はファイレイの定常状態法で行った。

上記指標の間には次の式を用いた。

$$\text{酸素摂取量} = \text{換気量} \times \text{酸素摂取率}$$

$$\text{心拍出量} = \frac{\text{酸素摂取量}}{\text{動静脈酸素較差}}$$

$$\text{肺拡散容量} = \frac{\text{単位時間に肺胞膜を通過するガス量}}{\text{肺胞膜の両側におけるガス分圧勾配}}$$

以上の酸素摂取量、心拍出量、肺拡散容量の関係を図化すると次のように示される。

#### 4. 結果と考察

体力の中で全身持久能力をみる場合、身体資源<sup>(5)</sup>の面から最大酸素摂取量を規定する因子は、循環面<sup>(6)</sup>では、その代表的なものとして、心拍出量、1回拍出量があり、呼吸面<sup>(7)</sup>では、換気量、肺胞換気量があげられる。また心拍出量と換気量との間に肺拡散容量<sup>(8)</sup>がある。この他更に、ヘモグロビン総量<sup>(9)</sup>、心臓容積、肺容積、血液酸素含量、組織での拡散容量等が考えられる。

これらの個々の因子は酸素を摂取することについて直接結びついているものである。

従って最大酸素摂取量はこれらの呼吸循環機能の総合された能力を示したものである。

表1に示したのは柔道選手全員の測定値と中、長距離選手、成人男子の平均値を示した。

一般に身体の有酸素的作業能力をみる場合に最大酸素摂取量がその指標とされることは前にも述べたが、それについては、柔道選手は常にランニングをシトレニングを行っている中・長距離選手と等しく約3.1トットルで成人男子をはるかに上まわっている。

肺内に入った酸素を運ぶものは血液であるがそれは心臓から拍出される。従ってその1分間に拍出される拍出量、即ち、毎分心拍出量をみると、柔道選手はこの点でもおよそ27リットルと大きな値であり、中・長距離選手をもわずかに上まわっている。

毎分心拍出量について更にくわしくみると、これは1回に左心室から送り出される血液量、いわ

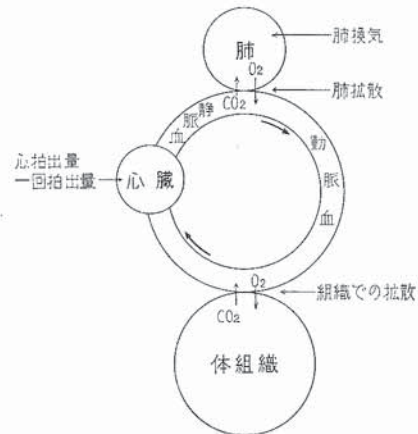
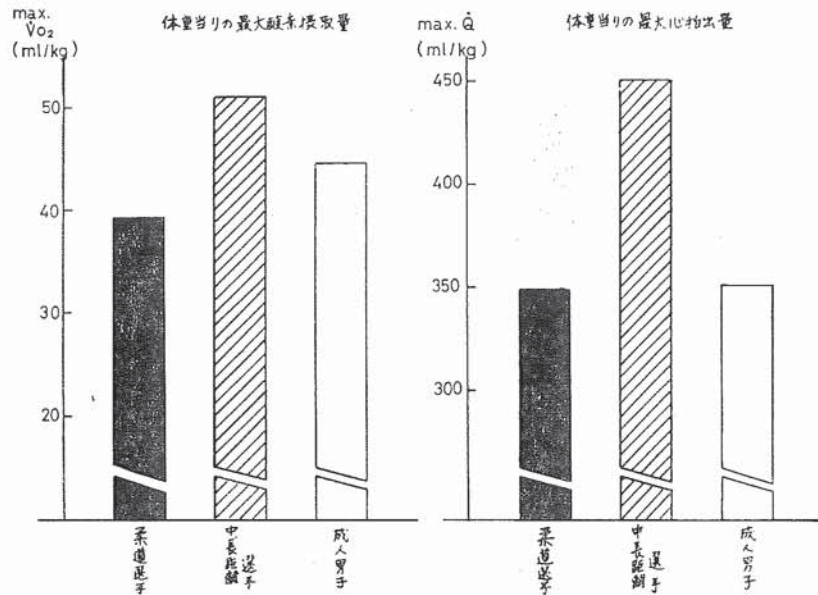


表1 柔道選手、中長距離選手、成人男子の各測定値

測定項目	検査者	身長 H	体重 W	最大酸素摂取量 Max $\dot{V}O_2$	最大心拍出量 Max Q	換気量 Ve	肺換気量 Va	肺拡散容量 DL $O_2$	体重当りの最大酸素摂取量 $\dot{V}O_2$ /kg	体重当りの最大心拍出量 Q/kg	一回拍出量 SV	動静脈酸素較差 A- $\dot{V}O_2$ D	心拍数 HR
柔道	Y. M	167.2	73.5	3.3	32.1	110.4	68.7	—	44.8	437.0	172.7	102.5	186
	T. T	172.5	73.2	2.3	20.1	108.9	79.8	—	30.8	274.9	100.6	112.1	200
	T. D	170.0	74.0	3.1	25.7	110.3	70.3	—	41.3	346.8	128.3	119.0	200
	K. M	166.7	65.5	2.7	24.1	90.1	60.5	—	40.8	368.4	147.1	110.9	164
	S. Z	170.3	86.0	3.3	28.0	114.5	76.4	—	38.7	325.2	155.4	118.9	180
	T. K	173.3	76.0	2.7	36.0	73.2	66.5	—	35.4	473.3	215.4	74.7	167
	O. T	178.9	73.0	3.3	29.8	127.9	78.1	—	45.7	408.4	162.0	111.9	184
	K. S	170.0	85.0	2.9	18.3	102.0	74.0	—	34.2	212.3	100.3	161.3	182
	S. K	173.0	78.0	2.4	27.9	105.1	80.5	—	30.1	357.2	154.8	84.4	180
	M. L	171.2	69.5	3.2	24.0	135.5	96.8	—	46.0	345.3	134.8	133.3	178
	S. G	171.6	75.5	3.3	27.3	96.2	76.3	53.0	43.7	361.6	162.5	130.9	168
	S. T	163.4	63.5	3.0	22.7	91.6	84.1	42.2	47.2	357.5	122.0	132.2	186
	S. B	178.0	77.0	2.8	20.6	110.2	84.4	34.2	36.4	267.5	113.2	135.9	186
	S. Y	175.0	73.0	3.8	30.7	145.7	101.0	81.8	52.1	420.5	163.3	127.8	188
	A. B	174.2	84.0	3.5	29.5	86.5	85.0	60.0	41.7	351.2	158.6	118.6	186
T. Z	173.3	95.0	3.0	24.9	125.7	103.4	48.6	31.6	262.1	133.9	120.5	186	
H. G	178.5	96.0	3.9	34.2	137.7	130.0	76.4	40.6	356.3	178.1	114.0	192	
中選長距離選手	N=10 平均 S. D	169.0 4.70	58.8 3.10	3.1 0.43	26.5 3.65	101.4 17.28	78.5 8.25	59.8 14.54	52.2 7.56	449.3 55.78	143.6 19.85	118.0 8.09	188.7 7.24
	N=17 平均 S. D	172.2 4.19	77.5 77.5 9.07	3.1 0.43	26.8 4.96	110.1 78.74	83.3 16.8	57.7 16.42	38.9 6.28	348.6 66.86	147.2 29.66	117.6 19.56	183.0 10.05
成人男子	N=15 平均 S. D	167.0 5.63	61.0 6.69	2.7 0.47	21.3 2.36	103.3 18.10	81.4 15.60	45.6 10.40	44.3 7.94	351.9 42.04	122.7 16.20	125.1 11.12	182.2 12.13

(9)(10)(11)(12) ゆる1回拍出量と心拍数の積で表わされる。この1回拍出量についてみると柔道選手は147ミリリットルであり、成人男子より17%も高く中・長距離選手よりも大きい。これは一回に多くの血液を出し、心臓容積も大きいと推察される。ヒトの限界点での心拍数は毎分180~190回の範囲である。(13)(14) この点から柔道選手は183回を示し心臓機能も極限に近くまでおいこまれているみなされる。

図1 体重当りの最大酸素摂取量と体重当りの最大心拍出量



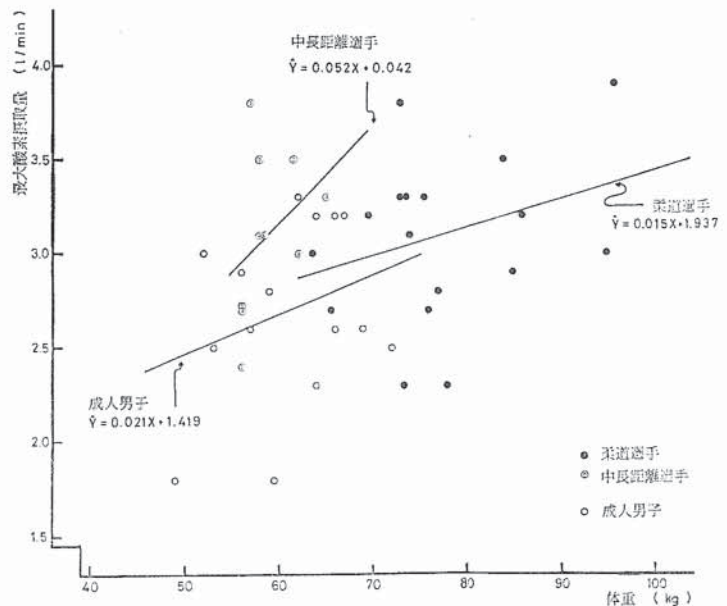
そこで、この大事な酸素をたくさん取り入れる為には多くの空気を肺に入れることが大切な事となる。1分間に肺に送り込まれた空気を換気量というが、それについてみると柔道選手は110リットルで三群の中で特に多い。空気には酸素は限られた量(約21%)しか含まれてないから取り入れる量が多ければそれだけ有利である。

空気を取り入れるには呼吸筋の強さや肺容積、肺活量などが関与するが柔道選手はこの点でもすぐれていると推察される。

換気量について更に深くみてみると、肺に送り込まれた換気量のうちで肺胞に達し、肺内を流れる血液と接触する空気量を肺胞換気量という。即ち、実際にガス交換に関与する空気量であるがこれについてみると柔道選手はやはり83リットルで他の二群よりはるかに多い。

酸素を摂取するためにもう一つ大切なことがある。酸素は肺の毛細血管に入る時拡散を行う。この時の拡散容量が多いことは酸素がより通過しやすい事を示し、従って酸素の摂取量が増加する。

図2 体重と最大酸素摂取量の関係



今、この肺拡散容量についてみると、柔道選手は57.7ミリリットルでトレーニングしている中・長距離選手の59.8ミリリットルに近く成人男子とは大きな差異を持っている。

これらの結果から、総体的に考察すると、柔道選手は全身持久性の身体資源としての呼吸循環系の能力、すなわちエネルギー資源の全体量は非常に豊富なものと結論づけることが出来る。

ここでこれ等の測定結果について、更に歩を進めて「それらのエネルギー源は良好であるが、単位重量あたりにしてみた場合いかにあるか」をみななければならない。

具体的に、体重1キログラムあたり最大酸素摂取量、最大心拍出量についてみる必要がある。表1から柔道選手は身長、体重とも大きい。特に、体重については非常に多くなっている。従って図1からみられる如く体重あたりの最大酸素摂取量は中長距離選手52.2ミリリットル、成人男子44.3ミリリットル、柔道選手は38.9ミリリットルといちばん低い。

図2は体重と最大酸素摂取量の関係を示したものである。●印は柔道選手、◎は中長距離選手、○は成人男子を表わしている。

これによれば、回帰直線の勾配が低下しており体重が多い割には酸素摂取量は他の二群より劣ることが観察される。これと共に、最大心拍出量についても表1、図1から、中、長距離選手が449ミリリットル、成人男子352ミリリットル、柔道選手349ミリリットルと同様の傾向を示す。これらの事から柔道選手は測定された値は高いが単位重量の身体組織に対する割合をみると低くなる。これは、エネルギーの絶対量が多いにもかかわらず運動競技での実際に発揮されるエネルギーは身体の割合には少ないことを意味している。逆に言えば体重の大きさからみてまだまだエネルギーが埋蔵されており、引き出されているものは少ないと考えられる。従って平素の稽古においては、技術の鍛練の他にランニングやサーキットトレーニング等を行い基盤となる体力の養成に力を入れなければならないであろう。

図3 換気量に対する酸素摂取量

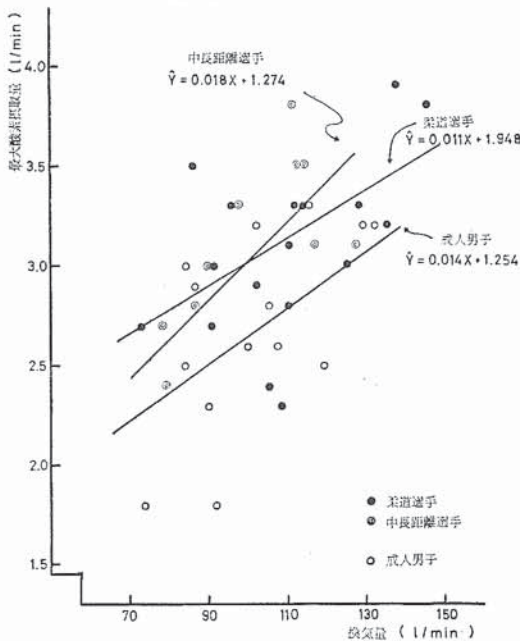
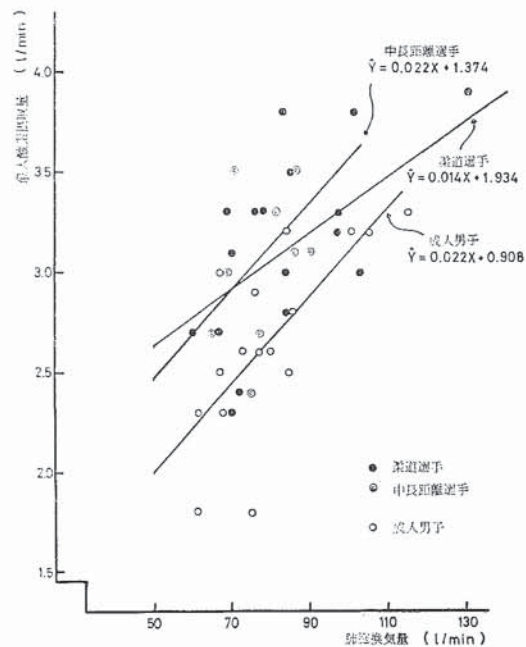


図4 肺胞換気量に対する酸素摂取量



次に、表1の測定値から各群の換気量と肺胞換気量に対する酸素摂取量の関係をみたものである。図3と図4はそのための資料である。

この間の回帰係数は酸素摂取率を意味している。これによれば成人男子よりもやや低いという結果になる。一方、中、長距離選手は換気量の割には酸素摂取量が高い。

そこで酸素を運搬する血液循環量に方向を向けねばならない。図5は最大心拍出量に対する最大酸素摂取量の関係を示している。

柔道選手は最大心拍出量は大きいが回帰係数が示すように一定量の血流が運搬する酸素量は少ないようである。しかし、図6に示す如く1回拍出量、最大心拍出量は共に大きい。

では、膜を通してのガスの拡散する能率はどうだろうか。図7をみると回帰係数から、柔道選手は酸素摂取量の多いものほど単位酸素摂取量当りの拡散は低いという状況がみられる。これらの考察を総合的に行くと、柔道選手は中・長距離選手や成人男子に比べて体重の割には単位エネルギーは少なく、体重が大きく酸素摂取量の大きい人ほど酸素摂取率や肺拡散の能率があまりよくないと結論づけられる。

従って、柔道の試合において短時間の勝負であれば体重が大きい人ほど豊富なエネルギー量によって有利に展開するが、試合が長く続く場合や体重の移動が激しいほどエネルギー消耗は軽量者よ

図5 最大心拍出量に対する最大酸素摂取量の関係

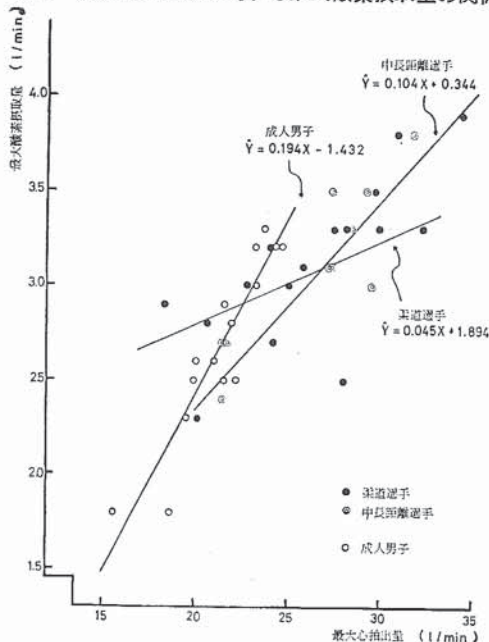
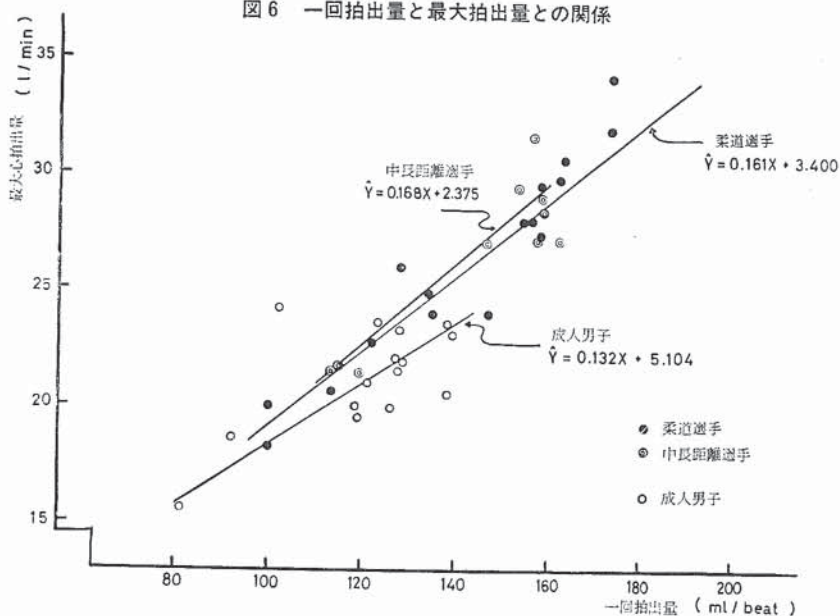


図6 一回拍出量と最大拍出量との関係



り不利になるであろう。

## 5. 結 論

1. 柔道選手は、最大酸素摂取量、最大心拍出量、肺換気量、肺拡散容量においてすぐれており、全体のエネルギー総量は大きい。
2. しかし、単位重量あたりに対するエネルギー総量は一般人よりも低くなることもある。
3. 酸素摂取率や肺拡散の能率は、体重の大きな人や酸素摂取量の大きい者ほど低くなる傾向にある。

なお、本研究にあたっては東京大学体育学研究室、山地啓司氏に多大の御援助をいただき、ここに深く感謝の意を申し上げます。

## 参 考 文 献

- (1) 柔道練習中の心拍数変動 講道館柔道科学研究会紀要, 第3巻 63頁~68頁, 猪飼道夫, 金子公有
- (2) 柔道の基本的投技におけるエネルギー代謝 講道館柔道科学研究会紀要 第1巻 67~73頁 杉本良一他
- (3) Anderson, K. L : Physiological working capacity health and fitness in the world. The Athletic Institute p. 365-367, 1967.
- (4) P. O. Åstrand : Aerobic work capacity in men and women with special referene to age. Acta physiol. Scand. 49. Suppl. 196 : 1-92, 1960.
- (5) Wahine, H. : Determination of physical work capacity : Acta. Med. Scand. 132 Suppl. 215, 1948.
- (6) P. V. Karpovich, : Physiology of Muscular Activity. : 72-74, 1959. M. B. Saunders Campany.
- (7) Wade, A. L, Bishop, J. M. and Donald, K. W. : Cardiac Output and Regional Blood Flow, 1962. : Blackwell Scientific Publication. Oxford.
- (8) Holmgren, A. : Cardiorespiratory determinations of cardiovascular fitness. : Cand. Med. Ass. J. 96. 697-705, 1967.
- (9) Patterson, S. W. and E. H. Starling : On the mechanical factors which determine output of the ventricles. J. physiol. 48 : 357, 1914.
- (10) Sarnoff, S. J. : and E. Berglund. : Ventricular function. I. Starling's law of the beart studied by means of simultaneous left and right ventricular fuction curves in the dog. : Circulation 9 : 706, 1954.
- (11) Chapman, C. B, J. N. Fisher, and B. J. Sprouk. : Behavior of stroke volume at rest and during exercise in human beings. J. Clin. Invest. 39 : 1208, 1960.
- (12) Wang, Y, R. J. Marshall, and J. T. Shepherd. : Effect of changs in posture and of graded exercise on stroke volume in man. J. Clin. Invest, 39 : 1960.
- (13) Lars Hermansen, Bjørn Ekblom, and Bengt Saltin : Cardiac output during submaximal and maximal treadmill and bicycle exerices. J. Appl. Physiol. 29 (I) 82-86 1970.
- (14) F, Pirnay, R. Deroanne, And J. M. Petit : Maximal oxygen consumption in a hot environment. J. Appl. Physiol 28 (5) 642-645 1970.

図7 肺拡散容量と酸素摂取量の関係

