

運動負荷試験による循環機能の評価について

千葉大学大学院医学研究科内科系内科学 (II) (指導 斎藤十六教授)

松山大秀
OOHIDE MATSUYAMA

(昭和41年12月23日受付)

目次

I はしがき	IV-D 酸素脈
II 対象	IV-E 生理的老年性心不全 (Wezler) について
III 方法	V 考察
IV 成績	VI まとめ
IV-A 心容積	文献
IV-B 心拍数	
IV-C 酸素摂取量	

本論文, ならびに, 附図に用いた略語

- STPD: 0°C, 大気圧, 乾燥状態下のガス量
- BTPS: 体温, 大気圧, 水蒸気飽和状態下のガス量
- HVLQ: 心容積・機能比
- B. S. A.: 体表面積
- Vs: 心拍量
- Vm: 分時送血量
- W: 末梢流血抵抗
- E': 脈管容積弾性率
- C: 脈波速度
- P. R.: 心拍数
- UFZ: 左心変形期
- DAZ: 左心昇圧期
- ASZ: 左心緊張期
- ATZ: 左心駆血期

わたくしは、臨床的には症状を示さない“健康な”老年者のうちにひそむ“生理的老年性心不全”を診断し、また、安静時には潜在性である心予備力の減少を知つて、いわゆる“潜在性心不全”を診断するためには、どのような循環系の Parameter をみるべきかの問題について、よく規準化されたエルゴメーターを用い、運動負荷法による循環機能検査を行なつた。この目的にたいして、Reindell, および, Mellerowicz³⁷⁾らの設定した Relative Maximal Steady State, ないし“Maximale Ergostase”における検査を行ない、とくに、Reindell 学派²²⁾²³⁾²⁴⁾⁴⁰⁾⁵⁶⁾のいう“心容積・機能比”(Herzvolumenleistungsquotient)を中心にして、以上の問題を研究した。この終わりのテーマについては、1964年、国際スポーツ科学者会議に出席された Reindell 教授より親しく指示を仰いだものである。

I はしがき

エルゴメーターによる運動負荷試験は、身体的仕事を定量的に評価するものとして、労働医学、スポーツ医学、あるいは、また、心機能検査などの各分野において、また、心疾患々者のリハビリテーションの参考資料として、重要な意義を持ち、現在までに、多くの報告がある²²⁾²³⁾²⁴⁾⁵⁶⁾。

一方、老年心⁶⁰⁾について、Wezler⁷⁰⁾は安静時血行力学的分析値により、いわゆる、“生理的老年性心不全”を述べた。

II 対象

57例を以下の4群にわけた。

A群: 臨床的に、心電曲線、また、胸部X線に病的所見がなく、血圧値が渡辺(定)⁶⁸⁾による尋常血圧範囲に入る19才から50才までの男性19例をえらんだ。うち、19才は2例、20才から29才までは11例、30才から39才までは4例、42才は1例、49才は1例であつた。19例の平均年齢とその標準偏差は27.6±8.8才であつた。

B群: A群と同じ意味の尋常な51才から72才

までの男性 20 例をえらんだ。そのうち、51 才から 59 才までは 5 例、60 才から 69 才までは 11 例、70 才は 1 例、72 才は 2 例、78 才は 1 例であつた。20 例の年齢平均と、その標準偏差は 63.3 ± 6.9 才であつた。

C 群：A、B 群と同じ意味の尋常な 19 才から 26 才までのスポーツマン 9 例をえらんだ。うち 5 例は職業的競輪選手であり、4 例はアマチュア・スポーツマンで、うち 2 例はバスケットボール選手、1 例は中距離ランナー、1 例はマラソン選手であつた。9 例の年齢平均と、その標準偏差は 22.1 ± 2.5 才であつた。

D 群：心疾患のある男性 9 例をえらんだ。そのうちわけは、

1. 末梢流血抵抗+脈管容積弾性率 (W+E') 型高血圧症 6 例。うち 3 例は、おのおの、37 才、47 才、57 才で、63 才は 2 例、70 才は 1 例であつた。
2. 24 才と 42 才の大動脈弁閉鎖不全症 2 例。
3. 18 才の己往に心筋炎をもつ 1 例。

D 群における 9 例の年齢平均とその標準偏差は 46.8 ± 17.1 才であつた。

III 方 法

III—A. 全例の身長と体重を測定し、Du-Bois の

式によつて、体表面積 (Body Surface Area, B. S. A.) を算出した。

III—B. 心容積の計算

全例の心容積を X 線学的に計算した。計算は Rohrer-Kahrstorf の原理 (図 1) にしたがつた⁵⁵⁾ 17)。胸部 X 線撮影を立位 2 方向、尋常吸気位で行なつた。背腹像における Moritz の心方形の縦径と幅径、および、左側面像における Rohrer の最大水平深径を、それぞれ、 l 、 b 、および、 t_{max} とすると、心容積 V は、Nylin らによれば、

$$V = 0.63 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot l \cdot b \cdot t_{max}$$

となる。Musshoff, Reindell⁴⁰⁾⁴¹⁾らは、フィルムと焦点間の距離を 2 m として撮影し、

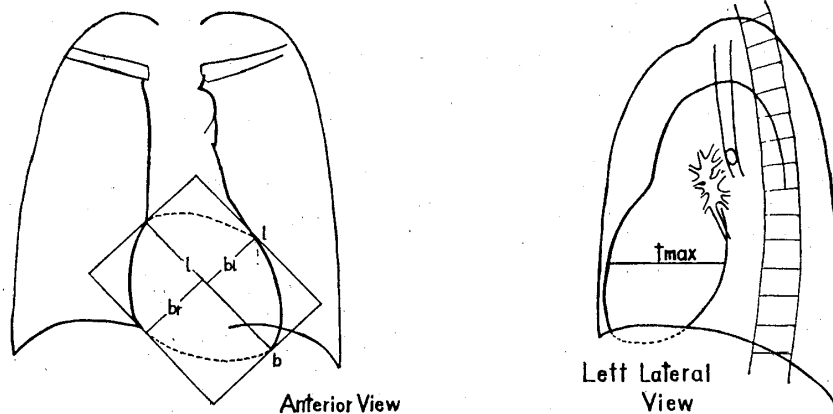
$$V = 0.40 l \cdot b \cdot t_{max}$$

とした。当教室の X 線装置のフィルム—焦点間距離は 1.54 m である。それゆえ、フィルムと心の距離を、背腹像で 10 cm、左側面像で 15 cm とすれば、

$$V = 0.63 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot \frac{154-10}{154} l \cdot \frac{154-10}{154} b \cdot \frac{154-10}{154} t_{max} \div 0.39 l \cdot b \cdot t_{max}$$

となる。したがつて、係数を 0.39 とした。

Calculation of Cardiac Volume



$$\text{Cardiac Volume} = 0.63 \cdot F_a \cdot t_{max} \quad (\text{ROHRER-KAHLSTORF})$$

$$F_a = \frac{\pi}{4} \cdot l \cdot b$$

l : longitudinal diameter of cardiac rectangle (MORITZ)

b : width of cardiac rectangle (MORITZ)

t_{max} : greatest horizontal depth of diameter (ROHRER)

$$\text{Cardiac Volume} = 0.39 \cdot l \cdot b \cdot t_{max}$$

Fig. 1

III-C 負荷の加えかた

運動負荷には、本学整形外科教室の好意で使用を許可された Canon 製トレッドミルと、教室で作った発電機で負荷度を測定するペタル式エルゴメーターを使用した (図 2. 3)。この装置は協研者谷口⁵⁸⁾が 1966 年 7 月札幌における第 5 回日本 ME 学会大会で発表した。この負荷度は、ペタルの回転数が分時 60, ないし, 70 のあいだでは、励磁電流を自動的に調整することにより、設定値の 10% 以内の誤差を示すだけである。

負荷は、トレッド・ミルでは立位で (図 4), エルゴメーターでは臥位で (図 5), それぞれ, 6 分間加えた。トレッド・ミルで負荷した例は, A 群で 19 例中 8 例, B 群で 20 例中 11 例, 計 19 例であり, 残りの 38 例には, エルゴメーターで負荷を加えた。

負荷度を, トレッド・ミル使用のさいには, 通常, 毎時 2 km, ないし, 3 km の速度から始め, エルゴメーター使用のさいには, 25, ないし, 50 Watt から始めた。やく 30 分の休息後, トレッド・ミル負荷では, 毎時 1 km, エルゴメーター負荷で

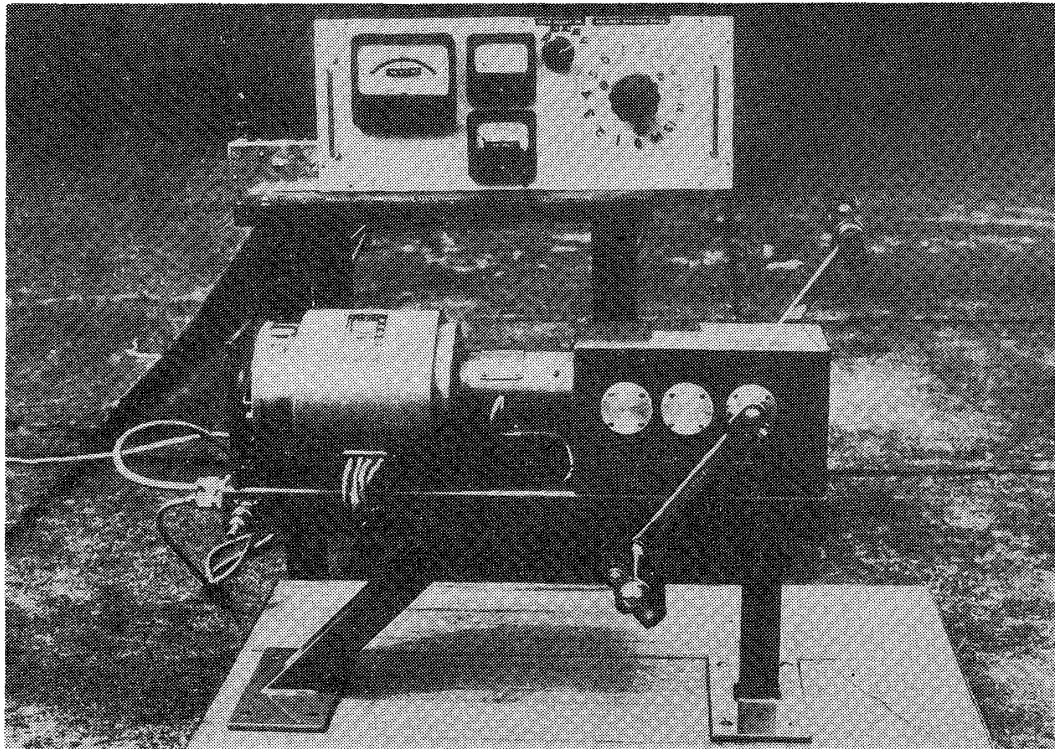


Fig. 2 (第二内科 谷口, 1966)

Block Diagram of Constant Work Load Ergometer

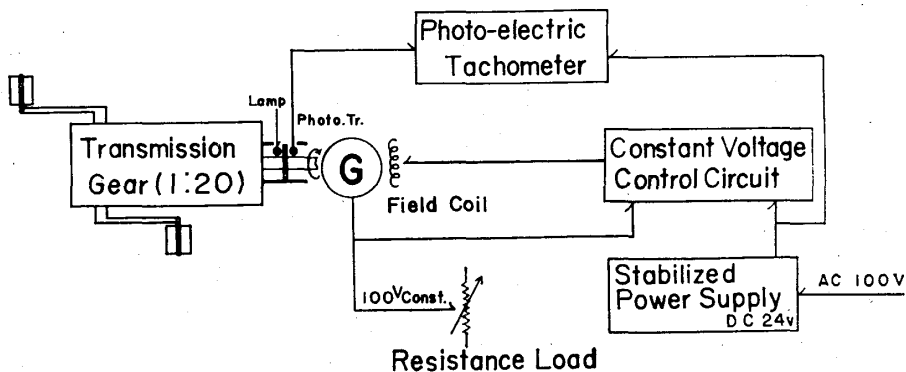


Fig. 3 (第二内科 谷口, 1966)

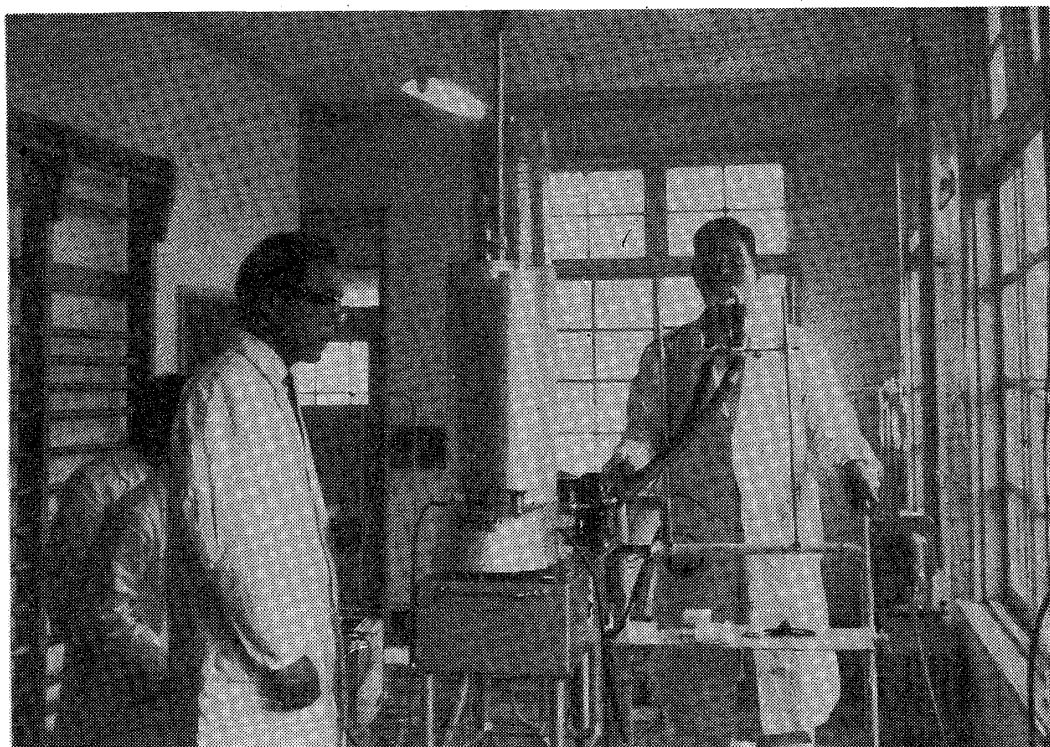


Fig. 4

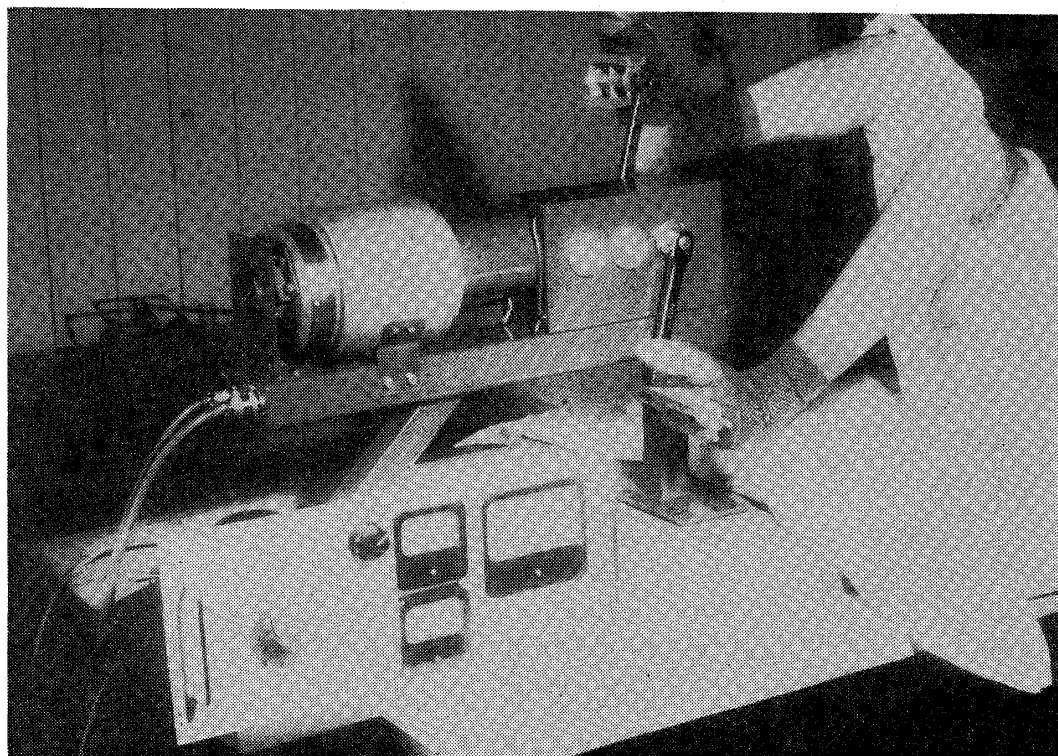


Fig. 5

は、25, ないし、50 Watt の間隔で負荷度を増し、つぎにのべる “Maximale Ergostase” の負荷度を求めた。

Reindell, Mellerowicz³⁷⁾らが設定した Relative Maximal Steady State, ないし, “Maximale

Ergostase” の求めかた

負荷を加えてから4分から6分のあいだで、50 mm/sec の速度をもつて10心拍を心電曲線で記録した。心拍数の増しが8以内であり、また、その3分間で、酸素摂取量・分時換気量の変化がほぼ、一

IV 成 績

IV—A 心容積

A 群, B 群, C 群, および, D 群の心容積を図 7 に示す。D 群, すなわち, 心疾患群が最大であり, 心筋炎の既往のある 18 才の 1 例は 1018 cc, 大動脈閉鎖不全症 (Ai) の 42 才の 1 例は 859 cc であつた。C 群, B 群, および, A 群の順に容積は小さかつた。しかしながら, A 群にたいする他の 3 群

の平均値の差は推計学的に有意でなかつた。

つぎに, 心容積/体重 (比較的心容積) の比を図 8 に示す。図 7 と, ほとんど, 同様の傾向を示すが, 比較的心容積は B 群で 10.5, C 群で 10.0, B 群の方が C 群より大であつた。A 群は 9.5 を示し, B 群では 12.0 と大きくなり, A 群で 12.0 をこえるものは 1 例にすぎなかつた。すなわち, D 群と A 群のあいだには明らかな有意差をみる。C 群では 10.0 となり, A 群より, やや, 大きい, 両群のあ

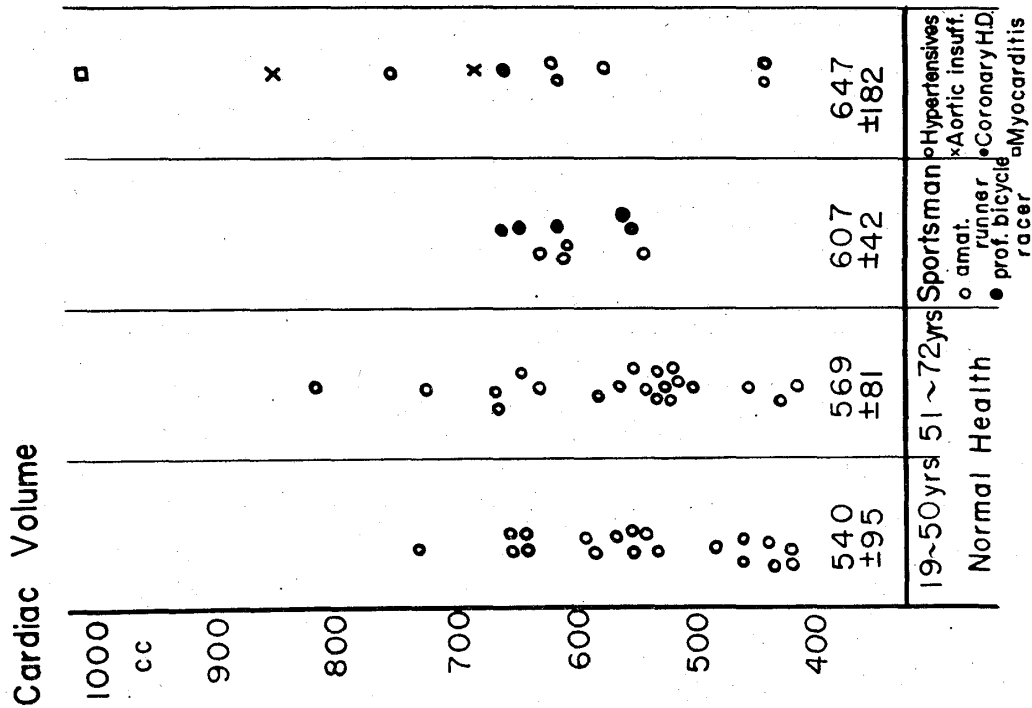


Fig. 7

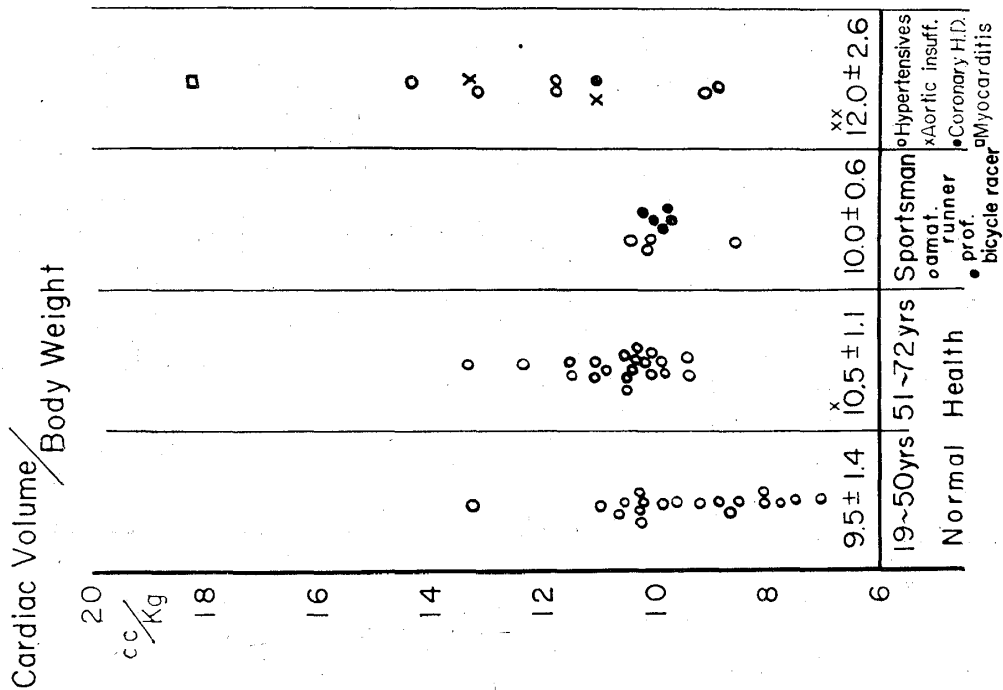


Fig. 8

いだには推計学的に有意差がなかった。

つぎに、心容積と体重の関係を調べた。表1に示すように、B群では相関係数 $r = 0.998$ で、ほとんど、1に近く、 $t = 67.2$ で、心容積と体重のあいだに高い有意の相関がある。D群では $r = 0.614$ で、相関があるように見えるが、推計学的には、例数が9と小であるためと思われるが、有意の相関はなかった。A群では $r = 0.404$ 、C群では $r = 0.346$ となり、有意の相関はなかった。

各群の体重については、C群が61.4 Kgとなり最大であった。ついでA群は58.9 Kg、D群は54.3 Kg、および、B群は53.6 Kgであった。D群の心容積は647 ccで最大であったが、体重については第3位であった。A群と他の3群との体重については、C群が61.4 Kgとなり最大であった。ついでA群は58.9 Kg、D群は54.3 Kg、および、B群は

53.6 Kgであった。D群の心容積は647 ccで最大であったが、体重については第3位であった。A群と他の3群との体重については推計学的に有意差をみななかった。

IV-B 心拍数 (Pulse Rate, P. R.)

IV-B-1 安静時における各群の心拍数

安静時の各群の分時 P.R. はA群で70.4、B群で73.7、C群で52.2、D群で67.4であった(図9)。C群は他の3群にくらべて著明な徐拍を示した。C群中で最大のものは60.6であるが、A群の19例中、これよりも著しい徐拍を示したものは、2例にすぎなかった。C群とA群の平均値のあいだには、推計学的に高い有意差をみた。B群とD群は、A群にたいして有意差を示さなかった。

IV-B-2 Relative Maximal Steady State における各群の心拍数

Tab. 1 Correlation between Cardiac Volume & Body Weight

	n	C. V. cc		B. W. kg		r	t	p
		M	S. D.	M	S. D.			
19-50 yrs Norm. Health	19	540	95	58.9	9.0	+ .404	1.81	no
51-72 yrs	20	569	81	53.6	8.8	+ .998	67.2	×××
Sportsman	9	607	42	61.4	4.5	+ .346	0.98	no
Cardiac Pat.	9	647	182	54.3	6.2	+ .614	1.69	no

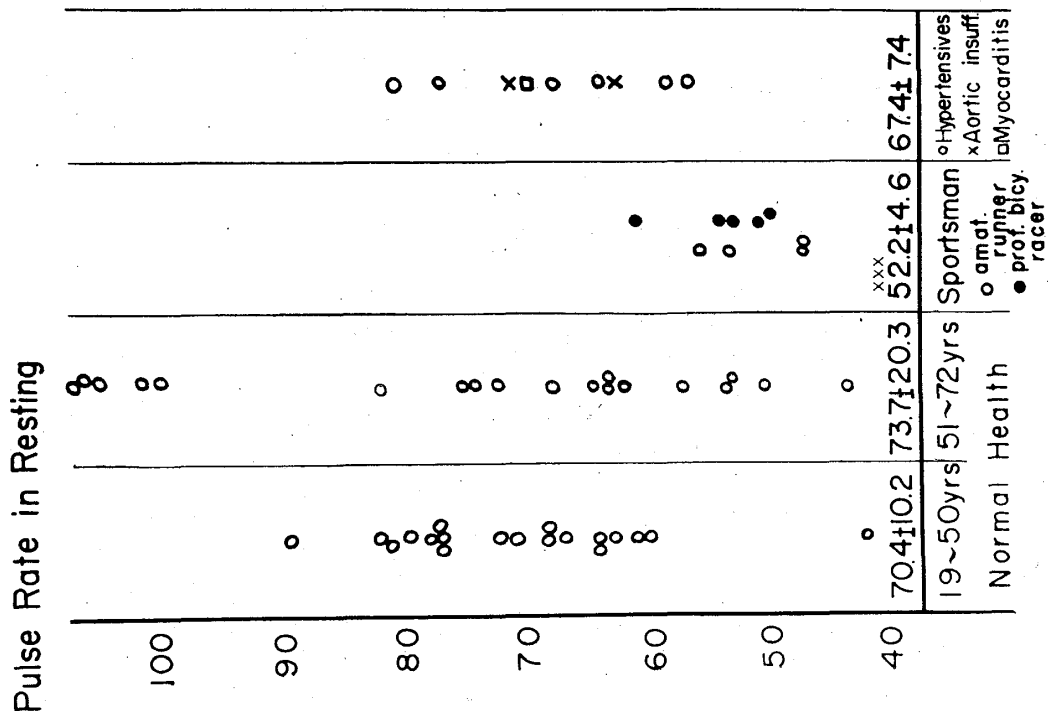


Fig. 9

図 10 に各群の比較を示し、図 11 の左側に、各群の安静時から Relative Maximal Steady State にかけて生じる変化態度を示す。C 群における Relative Maximal Steady State の分時 P.R. は 109.6 で、安静時にくらべて 109.9% の増しとなり、これにたいして、D 群では Relative Maximal Steady State の分時 P.R. は 97.3 で、安静時にくらべて 44.3% の増しとなるだけであつた。以上を A 群で見ると、114.7、すなわち、増加率は 62.9%、B 群では 111.8、その増加率は 51.6% であつた。それゆえ、Relative Maximal Steady State における分時 P.

R. の平均値につき、A 群と有意差を示したのは D 群だけで、有意水準は 1% 以下であつた。

IV—B—3 50 Watt における各群の P.R.

同じ負荷度を加えた時の P.R. を比較するために、各群を通じてもつとも頻度の高い負荷、すなわち、50 Watt における P.R. を比較した (図 12)。A 群に比べれば、B 群と C 群の P.R. はすくなく、有意差があり、とくに、その差は C 群で著しかった。D 群の P.R. は 4 群中で最大であるが、A 群とのあいだに有意差がなかつた。

IV—B—4 心容積と心拍数の関係

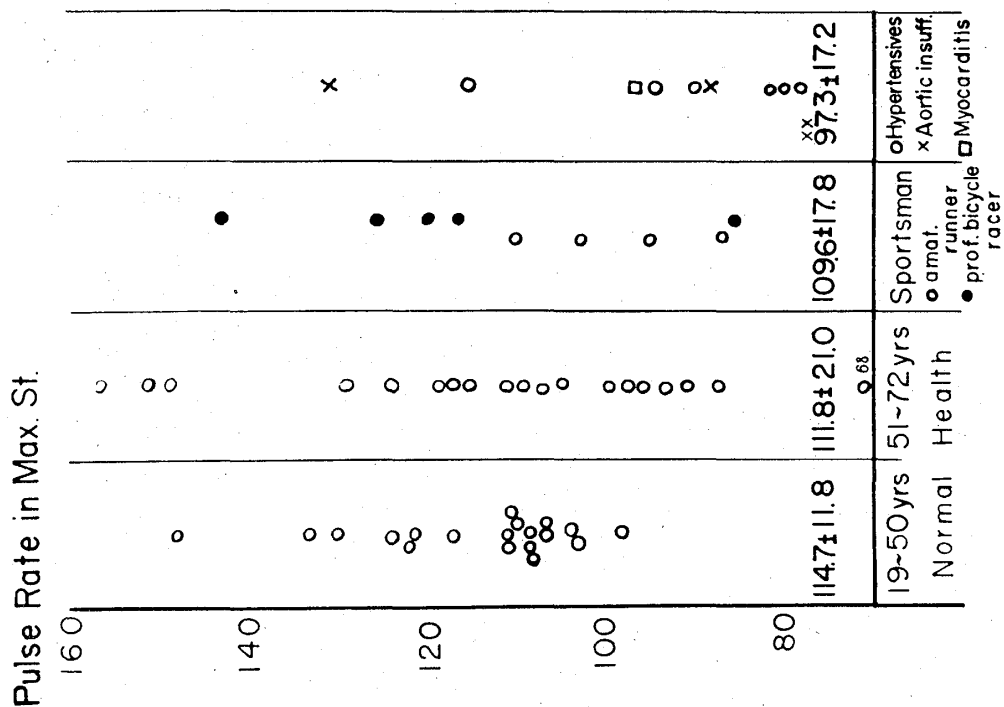


Fig. 10

Pulse Rate, Q_2 -Uptake/ m^2 , Q_2 -Pulse/ m^2 & Minute Ventilation as Mean of 19 Young Normals (○), 20 Senile Normals (□), 9 Sportsmen (●), & 10 Cardiac Patients (△) in Resting & Maximal Steady State

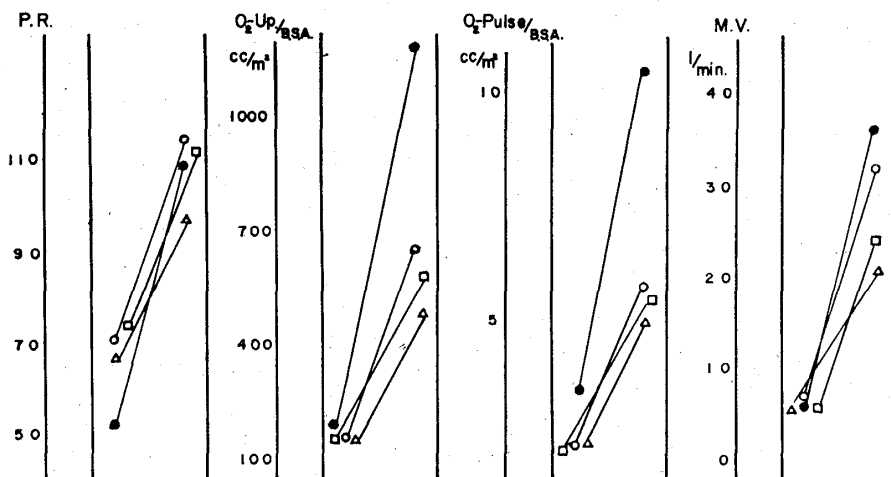


Fig. 11

Tab. 2 Correlation between Cardiac Volume & Pulse Rate in Resting

	n	C. V. cc		P. R. in Rest		r	t	p
		M	S. D.	M	S. D.			
19-50 yrs	19	540	95	70.4	10.2	+0.036	0.15	no
Norm. Health	19	557	83	73.7	20.3	-0.409	1.85	no
51-72 yrs								
Sportsman	9	607	42	52.2	4.6	+0.048	0.13	no
Cardiac Pat.	9	647	182	67.4	7.4	+0.017	0.05	no

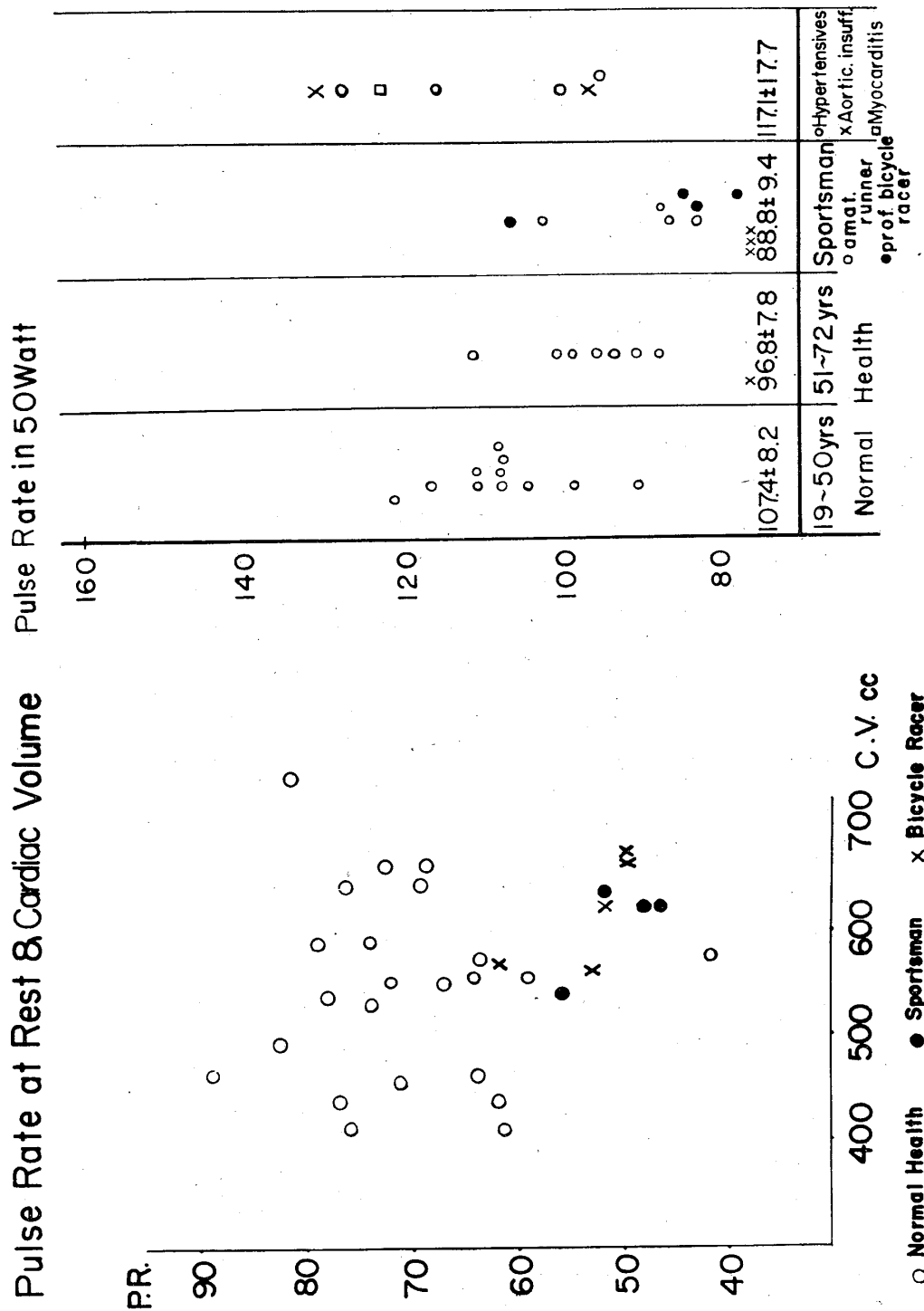


Fig. 12

Fig. 13

a 心容積と安静時心拍数の関係

表 2 は各群の相関係数を示す。B 群で $r = -0.409$ となり、負の相関を示したが、有意ではない。他の 3 群では、心容積と P.R. のあいだに、まったく相関がなかつた。図 13 は A 群、C 群の心容積と P. R. の関係を示す。

b 心容積と 50 Watt 負荷時の心拍数との関係

図 14, 表 3 に示すように、A 群では相関係数 $r = -0.413$, C 群では $r = -0.513$ となり、負の相関があるように見えるが、それぞれの t 値は 1.36, 1.46 であり、有意の相関とはいえなかつた。B 群, D 群における心容積と P.R. の相関は、非常に低かつた。

c 心容積と Relative Maximal Steady State における P.R. の関係

表 4 のように、B 群では相関係数 $r = -0.590$, $t = 3.01$ で、高い有意の相関をみた。C 群では $r = -0.440$ となり、相関があるようにみえたが、 $t = 1.30$ と低く、有意の相関とはいえなかつた。

IV—C 酸素摂取量 (O_2 -Uptake)

IV—C—1 50 Watt における各群の体表面積 (Body Surface Area, B.S.A.) で補正した酸素摂取量の比較

図 15 に示すように、各群の散布は、ほとんど、同様であり、A 群の平均値にたいして、他の 3 群の平均値は有意差を示さなかつた。

IV—C—2 Relative Maximal Steady State における各群の O_2 -Uptake/B.S.A. の比較

図 16 に各群の比較を、図 11 に安静時から Relative Maximal Steady State における各群の変化態度を示す。C 群では安静時 183 cc/m^2 より Relative Maximal Steady State で 1183 cc/m^2 とな

る。

Pulse Rate during 50W Exercise & Cardiac Volume

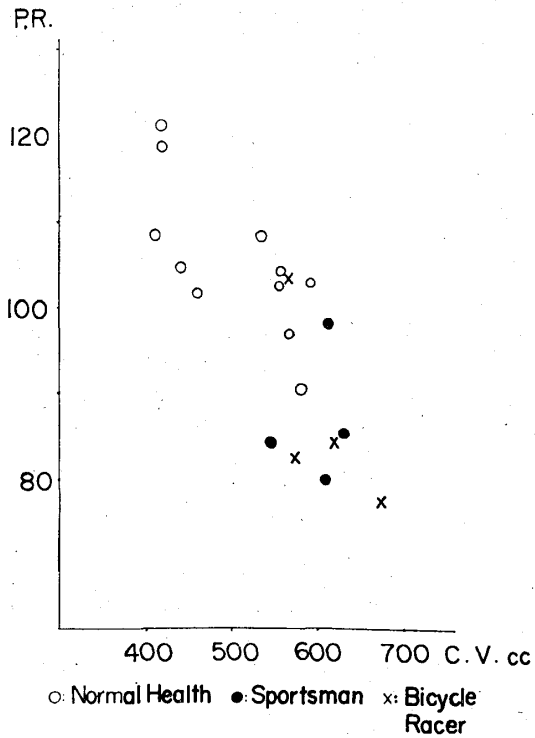


Fig. 14

Tab. 3 Correlation between Cardiac Volume & Pulse Rate in 50 W

	n	C. V. cc		P. R. in 50 W		r	t	p
		M	S. D.	M	S. D.			
19-50 yrs Norm. Health	11	506	66	107.4	8.2	-0.413	1.36	no
51-72 yrs	7	600	77	96.8	7.8	-0.244	0.56	no
Sportsman	8	605	31	88.8	9.4	-0.513	1.46	no
Cardiac Pat.	6	672	212	117.1	17.7	-0.110	0.22	no

Tab. 4 Correlation between Cardiac Volume & Pulse Rate in Max. St.

	n	C. V. cc		P. R. in Max. St.		r	t	p
		M	S. D.	M	S. D.			
19-50 yrs Norm. Health	19	540	95	114.7	11.8	-0.100	0.41	no
51-72 yrs	19	557	33	111.8	21.0	-0.590	3.01	××
Sportsman	9	607	42	109.6	17.8	-0.440	1.30	no
Cardiac Pat.	9	647	182	97.3	17.2	+0.078	0.21	no

り、その増加率は540%で、著しく高い。A群では157 cc/m²から652 cc/m²となり、増加率は315%、B群では152 cc/m²から582 cc/m²となり、増加率は282%、D群では154 cc/m²から481 cc/m²となつたが、増加率は小さく、212%であつた。安静時では、各群とも、ほとんど、同じ値であるが、Relative Maximal Steady State にいたると、C群の最小例724 cc/m²でも、A群、B群の平均値

以上となり、D群の最大例720 cc/m²をこえる。C群のうち、職業的競輪選手3例は、1600 cc/m²以上を示し、それぞれ1660 cc/m²、1810 cc/m²、最高例は2340 cc/m²までにも達した。A群の平均値以上の値を示す例をD群から求めると、その最高例720 cc/m²を示した1例だけであり、B群の平均値以上を示したものはD群中に3例あつた。A群はB群より、その平均値で70 cc/m²大であるが、推

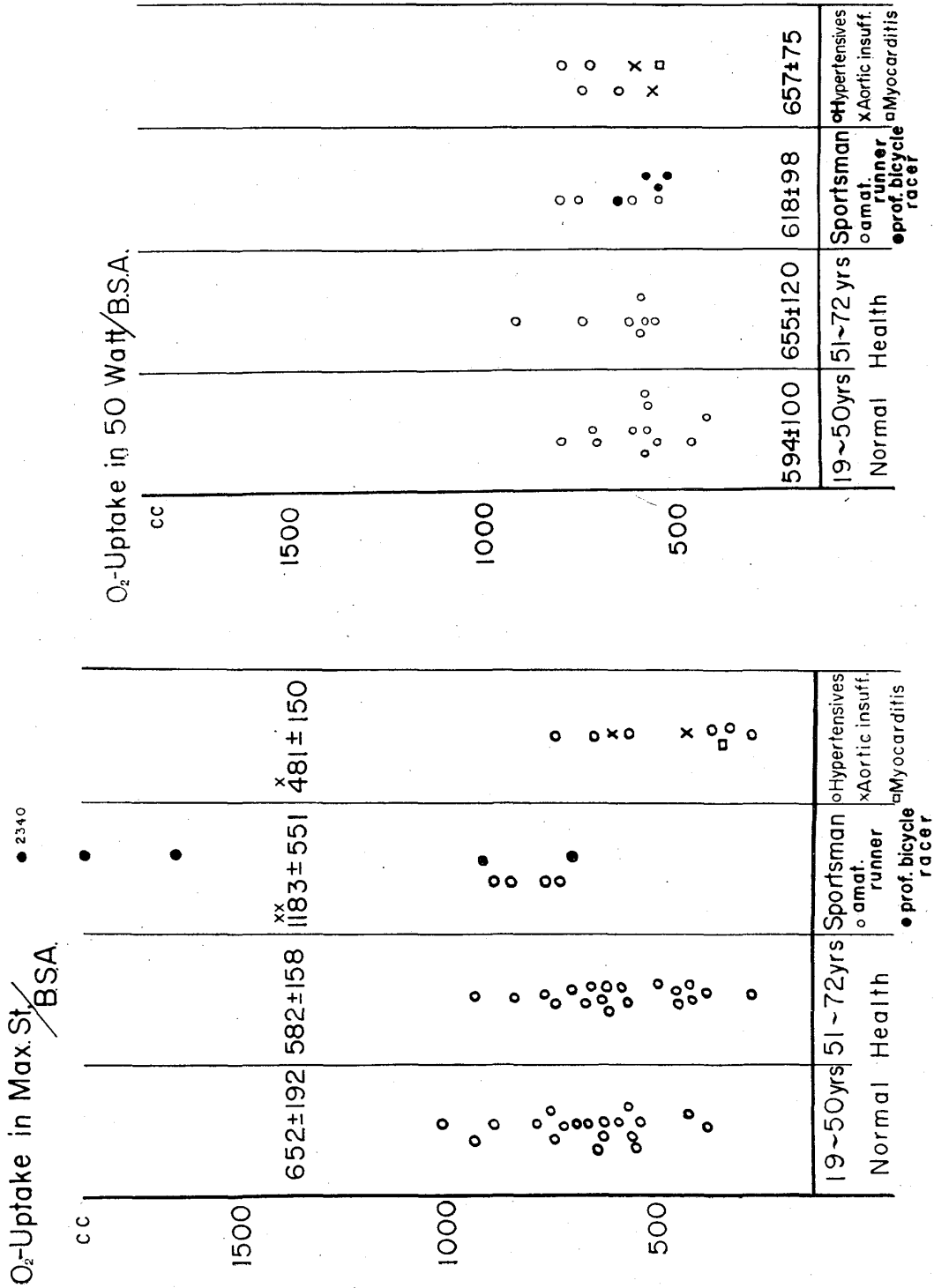


Fig. 15

Fig. 16

計学的には有意差でなかつた。C 群は A 群より、約、530 cc/m² 大きく、その平均値には、高い有意差を示す。D 群は A 群より、その平均値で、171 cc/m² の減りを示し、その差は有意であつた。

IV—C—3 心容積と Relative Maximal Steady State における O₂—Uptake/B.S.A. の関係

各群とも、表 5 のように、心容積と Relative Maximal Steady State における O₂—Uptake/B.S.A. のあいだに、有意の相関を示さなかつた。

IV—D 酸素脈 (O₂—Pulse)

IV—D—1 安静時から Relative Maximal Steady State にいたる O₂—Pulse/B.S.A. の各群の変化態度は、図 11 に示すように、O₂—Uptake/B.S.A. の変化態度と、ほとんど同様な傾向をあらわしている。すなわち、安静時の O₂—Pulse/B.S.A. は A 群で 2.3 cc/m², B 群で 2.2 cc/m², C 群で 3.5 cc/m², および、D 群で 2.0 cc/m² となり、4 群とも、ほと

んど、同じ値であるが、Relative Maximal Steady State では (図 17), A 群で 5.8 cc/m², B 群で 5.5 cc/m², C 群で 10.5 cc/m², および、D 群で 5.0 cc/m² に増した。その増加率は A 群で 152%, B 群, および、D 群で、ともに 150% となり、これらの 3 群は、ほとんど、同様の増加率を示すが、C 群では 200% となり、その増しが著しい。

図 17 で各群を比較すると、C 群の最小例は 6.16 cc/m² であつたが、これは他の 3 群の平均値より大きな値を示した。A 群と推計学的に有意差を示したのは C 群だけであり、高い有意性をあらわしている。

50 Watt における各群を比較すると (図 18), C 群では 7.0 cc/m², B 群では 6.8 cc/m², A 群, および、D 群では 5.6 cc/m² となつた。A 群と推計学的に有意差があつたのは C 群だけであつた。

図 19 は、体表面積で補正しない O₂—Pulse の絶

Tab. 5 Correlation between Cardiac Volume & O₂—Uptake/B.S.A. in Max. St.

	n	C. V. cc		O ₂ -Up./B.S.A. in M. st. cc		r	t	p
		M	S. D.	M	S. D.			
19-50 yrs Norm. Health	19	540	95	652	192	+ .253	1.08	no
51-72 yrs	19	557	83	582	158	-.085	0.35	no
Sportsman	9	607	42	1183	551	-.483	1.46	no
Cardiac Pat.	9	647	182	449	124	-.394	1.13	no

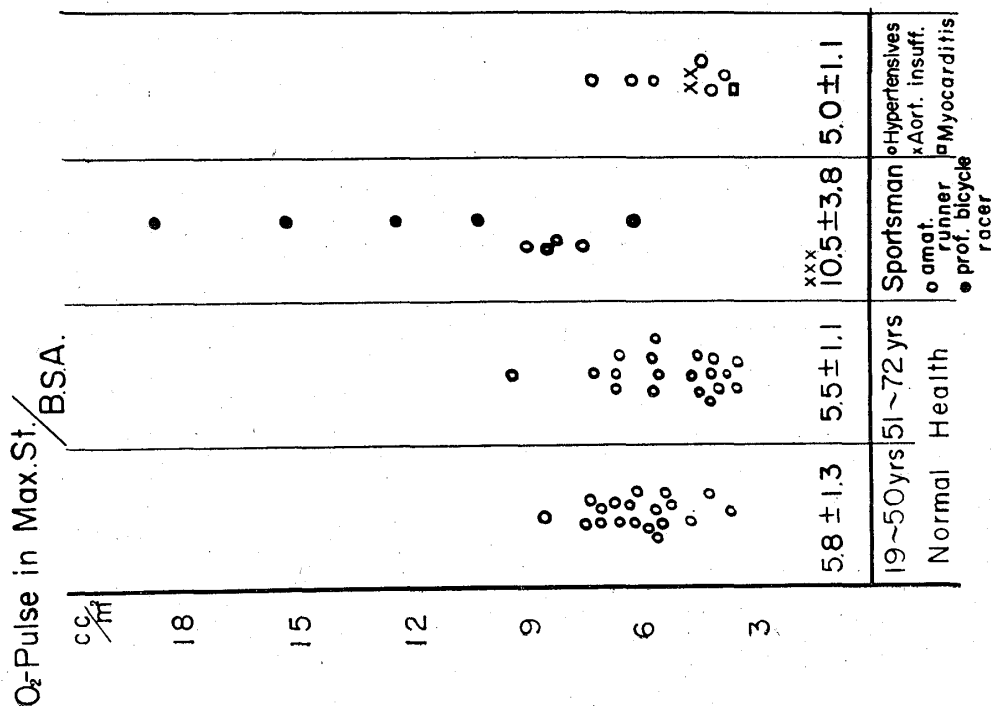


Fig. 17

対値を、各群について比較したところを示す。図 17 と、ほぼ、同様の傾向を示し、A 群では 9.4 cc, B 群では 8.1 cc, C 群では 17.9 cc, そして、D 群では 7.1 cc となり、C 群が明らかに大きな値を示す。C 群のうち、職業的競輪選手は、それぞれ、29.4 cc, 26.9 cc, 19.5 cc, および 18.3 cc を示す。バスケット選手 2 例と中距離ランナー 1 例は、A 群の最高例 12.3 cc 以上を示し、B 群の最高例 13.6 cc をこえ、

それぞれ、15.3 cc, 15.1 cc, および 13.9 cc であつた。なお、D 群の最高例は、37 才の高血圧症の男性であり、9.6 cc であつた。A 群と他の 3 群の平均値を比較すると、A 群では B 群より、有意性に、やや高く、その差は 1.3 cc で、C 群より 8.5 cc 少なく、推計学的に高い有意差を示す (有意水準 0.1% 以下)。A 群では D 群より 2.3 cc 大であり、有意水準 1% 以下で、差をみとめた。

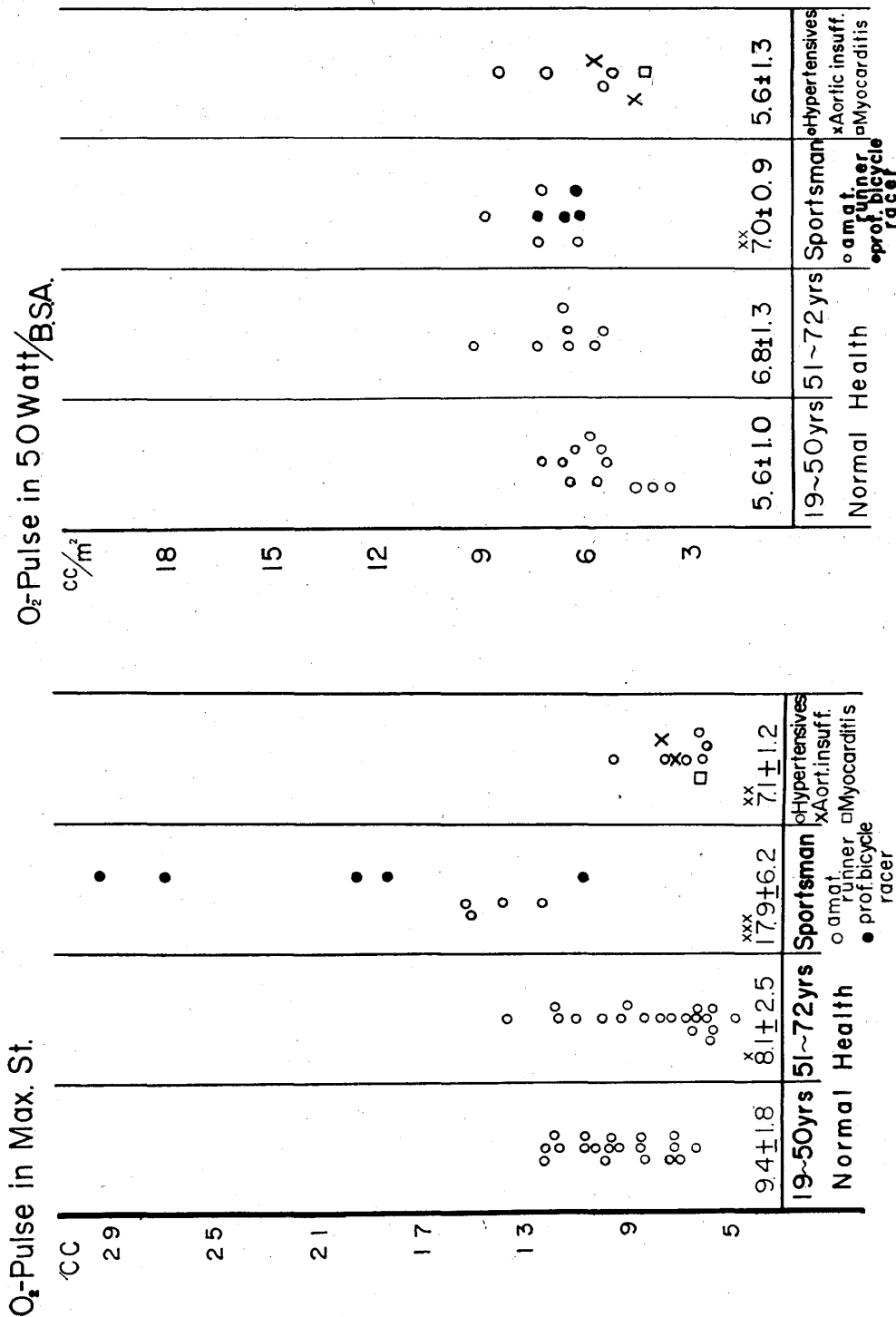


Fig. 18

Fig. 19

IV—D—2 心容積と、酸素脈/体表面積の関係
 O_2 -Pulse/B.S.A. と心容積の関係を安静時 (表 6), 50 Watt の負荷を加えたとき (表 7), および, Relative Maximal Steady State を表 8 に示す。安静時に有意の相関を示したのは B 群だけであり, 相関係数は 0.484 であつた。50 Watt の負荷では, C 群に有意の相関があり, 相関係数は 0.792 であつた。他の 3 群には, 有意の相関をみとめなかつた。Relative Maximal Steady State では, A 群に相関があり, 心容積が大きくなれば O_2 -Pulse/B.S.A. は増した。相関係数は 0.524 であり, $t=2.54$ で, 有意の相関といえる。図 20 に心容積と, 体表面積で補正しない O_2 -Pulse の絶対値との関係を示す。A 群における Relative Maximal Steady State の O_2 -Pulse は, 心容積と正の関係にあり, その相関係数は 0.496, $t=2.34$ で, 有意の相関がある。縦軸に O_2 -Pulse, 横軸に心容積をとると, B 群では, A 群の分布域より下方に位する例が, かなり, あ

る。その相関係数は 0.428 であつたが, 推計学的に有意とはいえなかつた。C 群では, 同じ心容積をもつ A 群にくらべ, 上方に分布している。その O_2 -Pulse は心容積と負の関係を示し, 相関係数は -0.324 であるが, 有意の相関とはいえない。D 群においても, 心容積が大きくなるにつれて, O_2 -Pulse は小であり, 尋常にみる正の関係から離れる。ただし, 相関係数は -0.362 , $t=1.03$ で, 推計学的には有意でなかつた。

IV—D—3 心容積機能比 (Herz volumenleistungsquotient, HVLQ) について

a. 各群の比較

前項に述べたように, 心容積と Relative Maximal Steady State の O_2 -Pulse のあいだの関係は尋常と疾患者とはことなるゆえ, 心容積を Relative Maximal Steady State の O_2 -Pulse で除し, 心容積・機能比 (HVLQ) を求めた (図 21)。A 群 19 例の平均値は 58.4 ± 11.3 , B 群 19 例の平均値は

Tab. 6 Correlation between Cardiac Volume & O_2 -Pulse/B.S.A. in Resting

	n	C. V. cc		O_2 -P./B.S.A. in Rest. cc/m ²		r	t	p
		M	S. D.	M	S. D.			
19-50 yrs Norm. Health	19	540	95	2.3	0.6	+0.360	1.59	no
51-72 yrs	19	557	83	2.2	0.7	+0.484	2.27	×
Sportsman	9	607	42	3.5	0.9	-0.440	1.30	no
Cardiac Pat.	9	647	182	2.0	0.5	-0.043	0.11	no

Tab. 7 Correlation between Cardiac Volume & O_2 -Pulse/B.S.A. in 50 W

	n	C. V. cc		O_2 -P./B.S.A. in 50 W cc/m ²		r	t	p
		M	S. D.	M	S. D.			
19-50 yrs Norm. Health	11	506	66	5.6	1.0	+0.012	0.04	no
51-72 yrs	7	600	77	6.8	1.3	-0.501	1.30	no
Sportsman	8	605	31	7.0	0.9	+0.792	3.15	×
Cardiac Pat.	6	672	212	5.6	1.3	-0.624	1.60	no

Tab. 8 Correlation between Cardiac Volume & O_2 -Pulse/B.S.A. in Max. St.

	n	C. V. cc		O_2 -P./B.S.A. in M. St. cc/m ²		r	t	p
		M	S. D.	M	S. D.			
19-50 yrs Norm. Health	19	540	95	5.8	1.3	+0.524	2.54	×
51-72 yrs	19	557	83	5.5	1.1	+0.319	1.40	no
Sportsman	9	607	42	10.5	3.8	-0.398	1.15	no
Cardiac Pat.	9	647	182	5.0	1.1	-0.649	2.26	no

70.1±17.5, C群9例の平均値は37.6±13.0, D群9例の平均値は96.1±25.6であり, C群では低く, D群では高い値を見た。B群は, 5%以下の有意水準で, D群は, 0.1%以下の有意水準で, おおの, A群より大であり, C群は0.1%以下の有意水準で, A群より小であった。

b. 心容積・機能比 (HVLQ) と年齢との関係

図22のように横軸に年齢を, 縦軸にHVLQをとり, 点線のわく内をA群のHVLQの平均と標準

偏差に定めてみると, 老年者は, 若年者に比して, 上方に分布することが多かつた。

IV-D-4 Relative Maximal Steady Stateにおける各群の分時換気量

図23のように, A群では31.5 l/m, B群では24.4 l/m, C群36.8 l/m, D群では21.1 l/m, となり, 平均値ではC群が最大であった。しかしながら, A群とC群では平均値の差に有意差がないけれど, B群とD群はともにA群にたいして, 1%

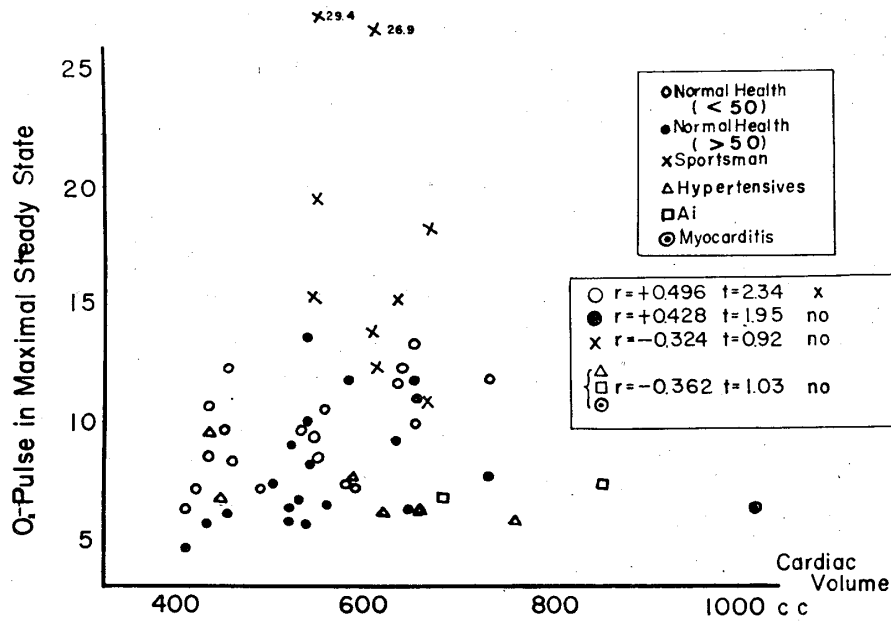


Fig. 20

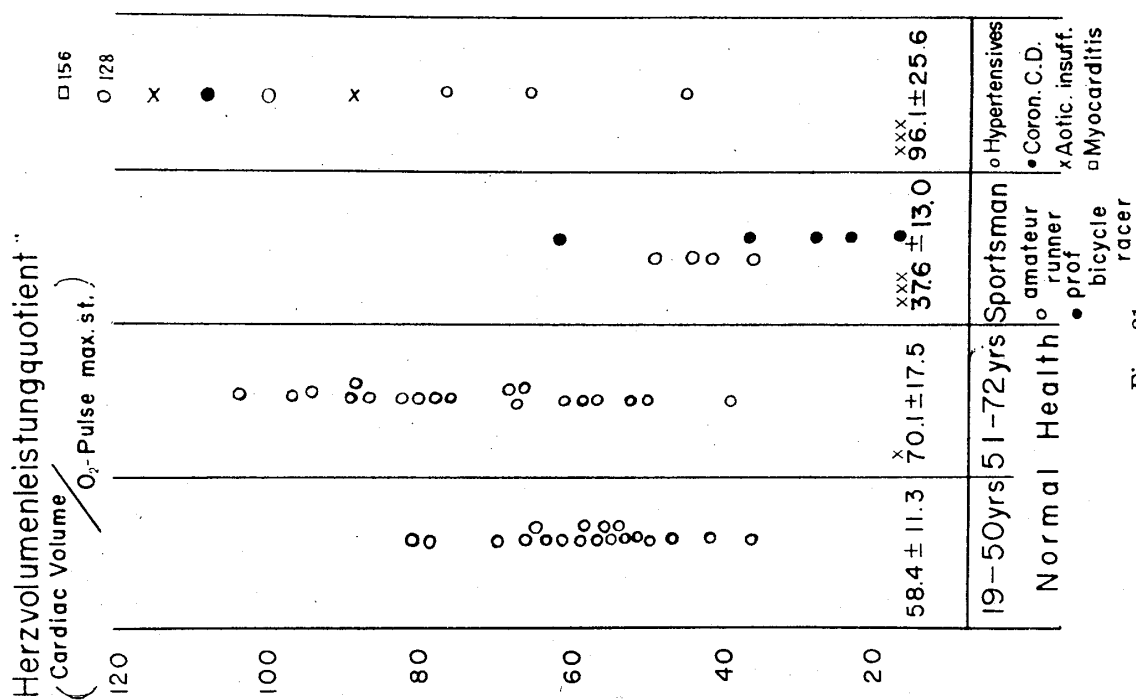


Fig. 21

の有意水準で、低い値を示した。

安静時から Relative Maximal Steady State にいたる各群の変化態度をみると (図 9), A 群では 356%, B 群では 352%, C 群では 534%, D 群では 306% となり, C 群の増しが著しい。

IV—E 生理的老年性心不全 (Wezler) について

IV—E—1 安静時の物理的循環分析による観察

Spang⁶⁴⁾ は臨床面から老年の問題について論じ、加齢とともに変化する形態学的、ならびに、化学的

な変化に平行して、臨床的にも動的な老年性変化があると述べている。Spang⁶⁴⁾ は老年の患者に見られる変化について、どの程度、生理的老年性変化であるのか、あるいは、病的老年性変化であるのか、という疑問をなげかけた。この問題に答えるために、まず、健康老年者を対照として選び、生理的老年性変化を検討しようとする場合、老年における“健康である”という概念を定義することは容易でない。そこで、わたくしは、“比較的健康的である”という

Correlation between "Herz volumenleistungsquotient" & Age

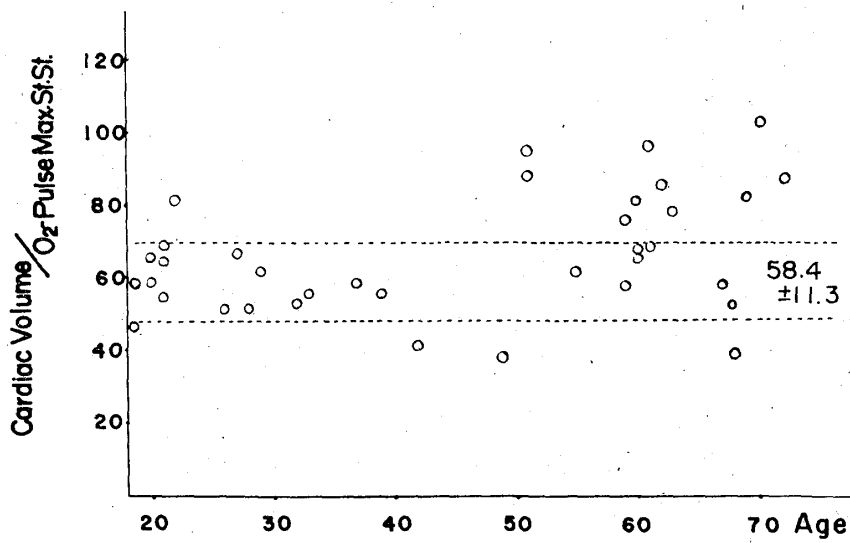


Fig. 22

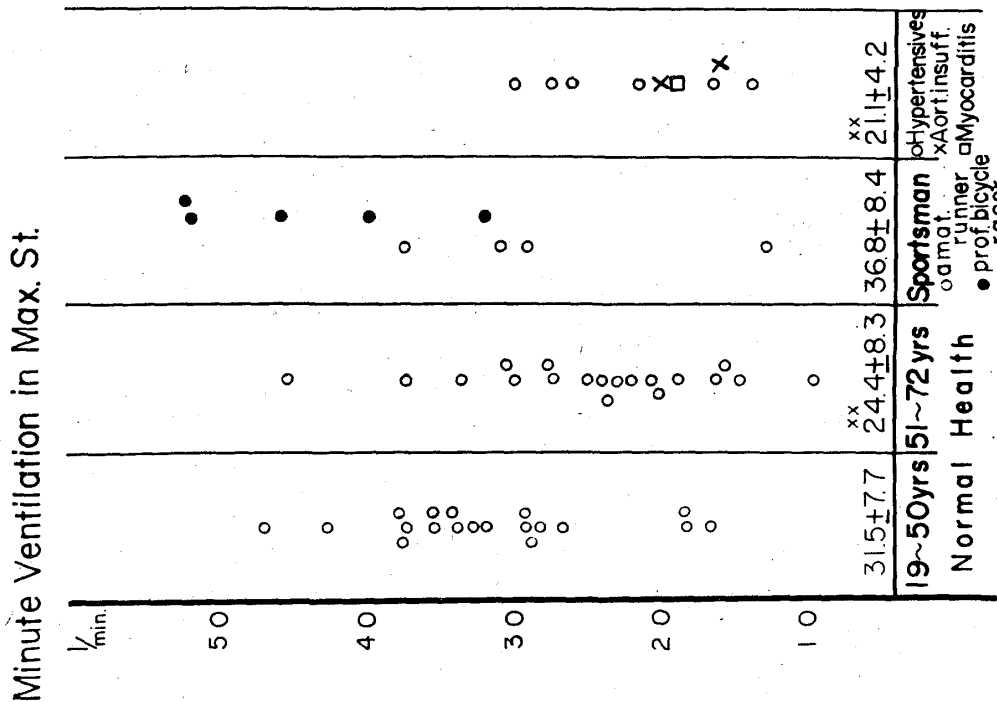


Fig. 23

概念, すなわち, gradual な問題と仮定して, 臨床的に何らの病兆をも示さず, 血圧値が日本人の尋常血圧範囲に入り (このさい協研者塚本⁶⁵⁾の論文要旨をとりいれた), Ecg, ならびに, 胸部 X 線写真に異常所見を欠き, また, 己往歴, および, 理学的所見に著変のない例を選んで, 健康老年者に Wezler⁷⁰⁾のいう生理的老年性心不全が存在するか, どうかを検討した。

a. 脈管力学的数値

わたくしは協研者らとともに, 20才から70才代の健常例210例を対象とし, 安静時の心・脈管力学的数値を検討した。図24, 25のように, 血圧値の尋常限界を150/90としてえらんだ健常群では, 年齢のすすみとともに, 心拍量, 分時送血量は減る傾向を, 大動脈気槽系の脈波速度 (C), 脈管容積弾性率 (E'), 末梢流血抵抗 (W) は増す傾向を認めた。一方, 渡辺⁶⁸⁾は日本人の尋常血圧値を統計的に観察し, 60才以上では160~120/90~70であると述べて

Vascular Dynamics in Normal (20~59 yrs.)

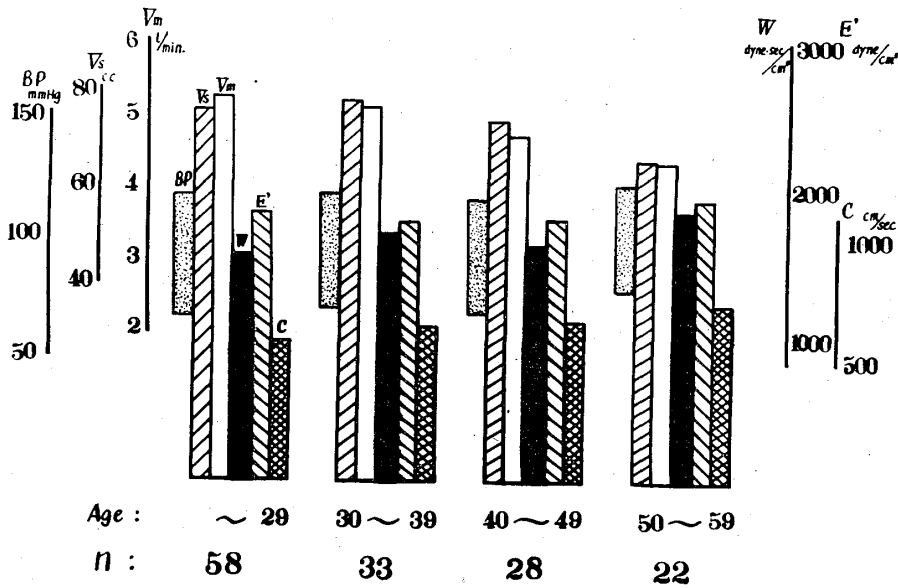


Fig. 24

Vascular Dynamics in Normal (60~79 yrs.)

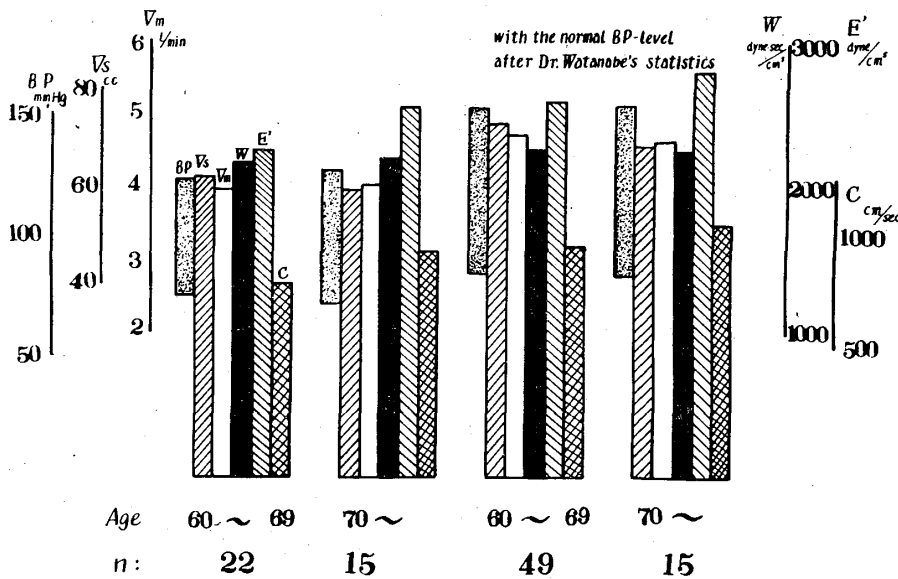


Fig. 25

いる。それゆえ、わたくしはこの血圧範囲でえらんだ60才、70才群についても検討した。そのさい、E'、ならびに、Cがより大であつた。しかし、Wは150/90群と比較して、ほぼ、同様であつた。しかし、心拍量(Vs)、分時送血量(Vm)は、ともに大であり、老年性縮期性高血圧の特徴である、いわゆる、E'+M型の血圧上昇因子が加味されている。

b. 心力学的数値

図 26, 27 は心力学的数値の各年令群での平均を示す。心緊張期 (ASZ) は加齢とともに、軽度ながら増す傾向を示し、60才代にピークをみるが、70才代では短縮している。心駆血期 (ATZ) はその最低値が50才代にあり、60才以後、とくに、血圧値のより高い群では、やや増す傾向にある。心変形期 (UFZ)、心昇圧期 (DAZ) は、ほぼ、不変であり、

Cardiac Dynamics in Normal (20~59 yrs.)

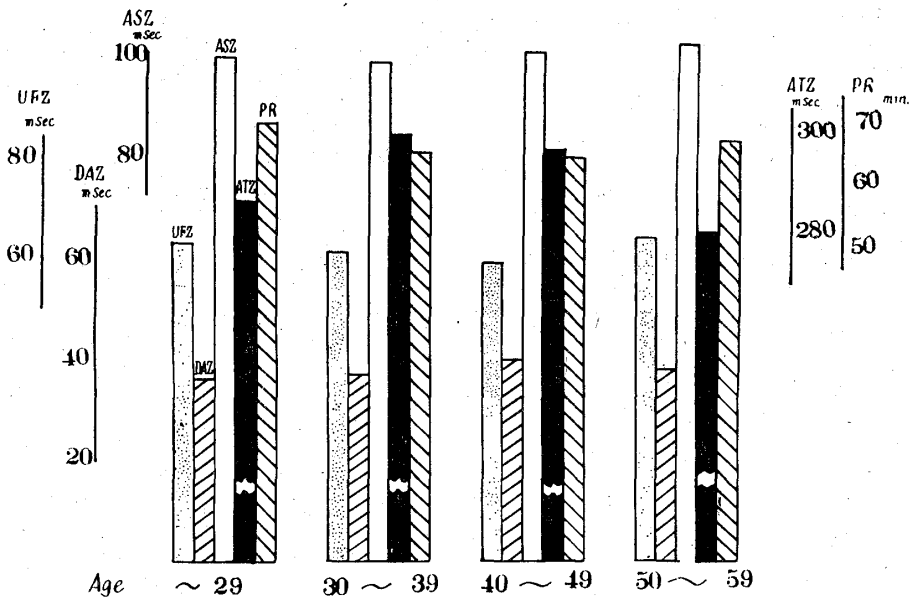


Fig. 26

Cardiac Dynamics in Normal (60~79 yrs)

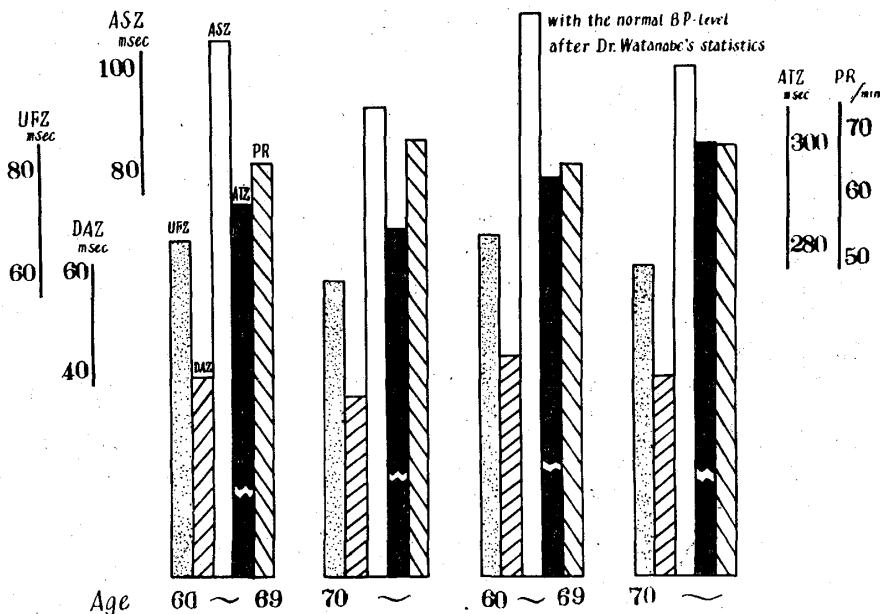


Fig. 27

50才代に圧反応³⁾¹⁸⁾の傾向が、その後、70才代では容量反応³⁾¹⁸⁾の傾向がみられるが、心力学的数値の変化は、安静臥位においては、ほぼ、尋常範囲内にあることを見た。

Wezler⁷⁰⁾は“生理的老年性心不全”の診断指標として、ATZをR-R間隔で除した、いわゆる“比較的ATZの短縮”をあげた。そして、この変化は老年者の血圧の亢進性と平行し、心拍数の増加傾向にたいして、ほぼ、直線的に大きくなると述べた。しかし、わたくしは、協研者らとともに、20才から70才代の健常例、210例について比較的ATZを測定したが、Wezler⁷⁰⁾の結論とは一致する所見をえなかつた(図28)。黒丸、および、実線はWezlerの成績で、すなわち、50才代でピークとなり、その後、“生理的老年性心不全”とともに減ると主張している。しかるに、われわれの成績では、“比較的ATZ”が年令的に大きく変化するとはいえず、70才代においても、高血圧の有無にかんせず、“比較的ATZ”が短縮することを認めなかつた。

c. 心容積・機能比(Herz volumenleistungsquotient, HVLQ)と、安静時の心・脈管力学的数値について

HVLQが尋常若年者の上界をこえる老年者があることについて、すでに、König²⁴⁾らは、これが老年性の心予備力低下に関係しうるといった。わたくしは、安静時心・脈管力学的数値の態度と、運

動負荷試験から求めたHVLQとの関係をしらべ、König²⁴⁾らの考えと、Wezler⁷⁰⁾の考えとを比較考察した。

図29は脈波速度(C)、図30は脈管容積弾性率(E')とHVLQとの関係を示す。老年者、また、

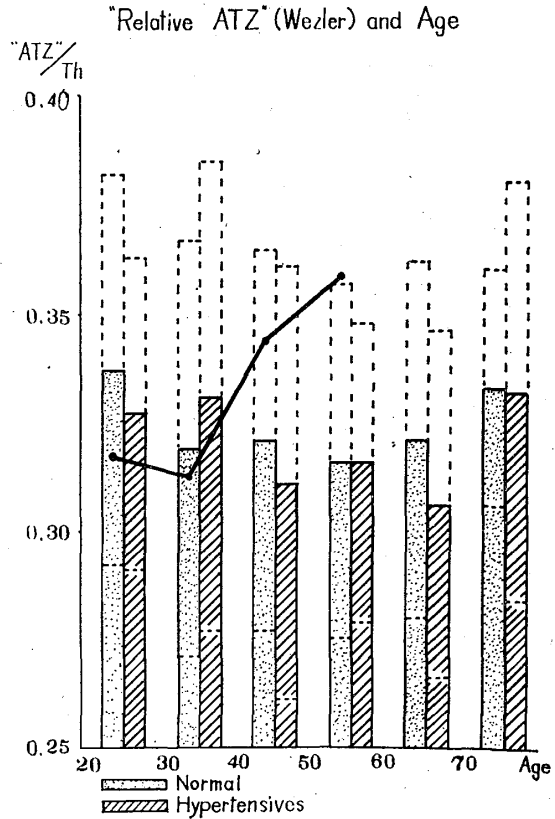


Fig. 28

Correlation between "Herz volumenleistungsquotient" and Pulse Wave Velocity in Aortic "Windkessel"

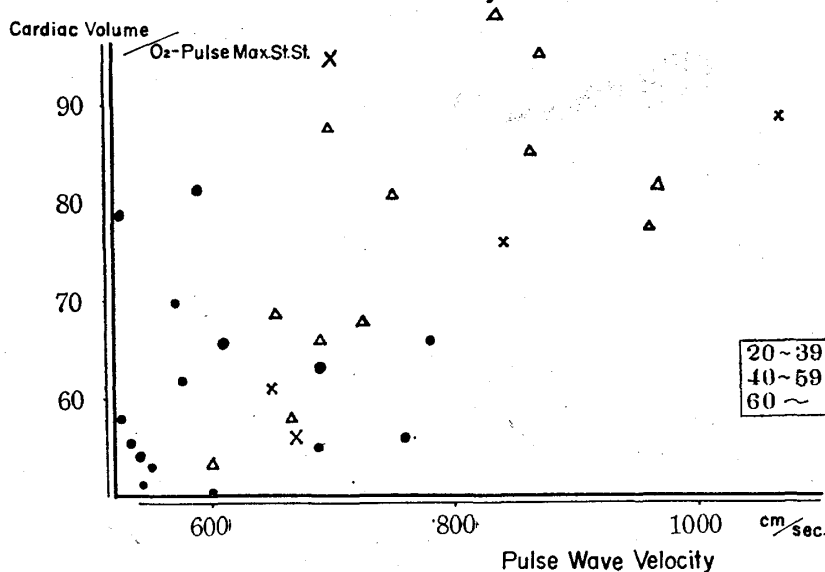


Fig. 29

50才代では、HVLQ の大きいものは C が大であり、また、E' も大きい傾向を示した。しかし、末梢流血抵抗 (W) については、かような傾向をみなかった (図 31)。

わたくしが求めた尋常若・壮年者の HVLQ の上界値 70 をこえる老年群の安静時心力学的数値と、70 以下の群のそれを比較した (図 32)。図の横線に尋常 150 例での平均、点線は標準偏差を示す。HVLQ が 70 以上の例は、70 以下の例にくらべて、

心拍数の多いものが多く、そのため、QII、QT 時間、および、ATZ は、やや短縮し、ASZ はやや延長する傾向にある。ATZ/ASZ の比を求めると、平均値以下のものは、すべて、HVLQ が 70 以上の例であり、圧反応³⁾¹⁸⁾を示す傾向があると考えられる。しかし、個々の例をみると、尋常範囲に入るものが多く、また、両群のあいだの重なり合いも認められた。

Correlation between "Herzvolumenleistungsquotient" and Volume Elasticity of Aortic "Windkessel"

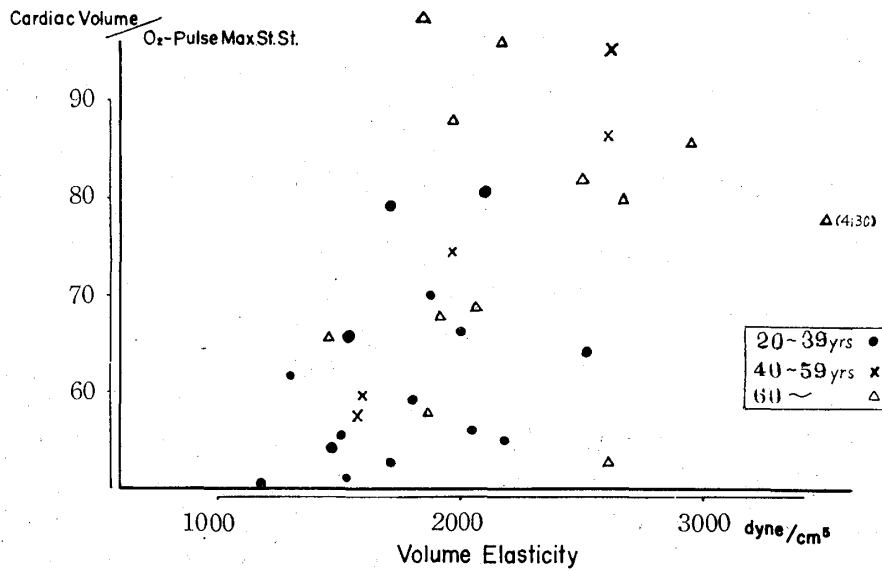


Fig. 30

Correlation between "Herzvolumenleistungsquotient" and Peripheral Streaming Resistance

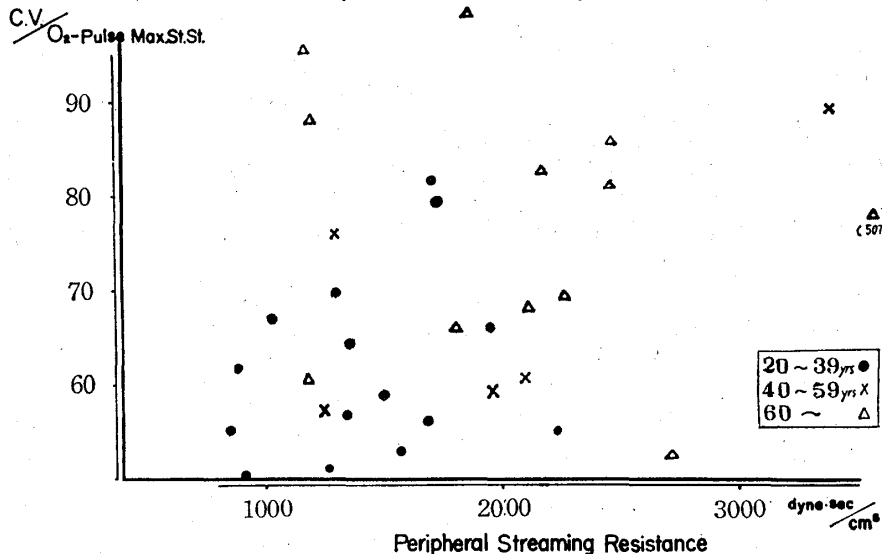


Fig. 31

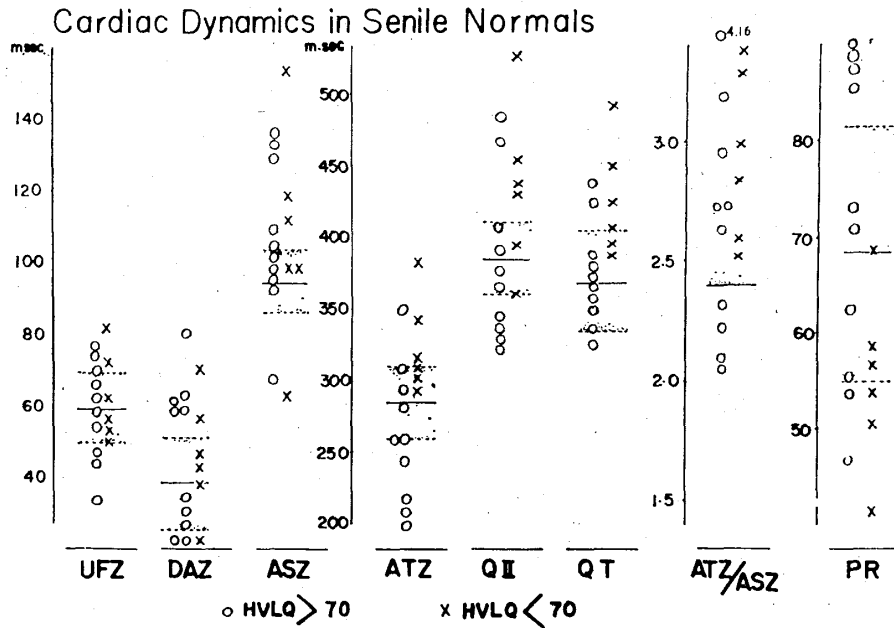


Fig. 32

V 考 案

V-A 心容積について

特別な訓練を欠く成人男子の絶対的心容積の平均値については、すでに多くの研究があり、560 cc から750 cc のあいだにあるといわれている。ただし、心容積算出のさい、臥位と立位によつて相違があると考えられる。Rohrer⁵⁵⁾, Kahlstorf¹⁷⁾, Ludwig³⁰⁾³¹⁾ は立位の平均測定値は700 cc であると述べ、Liljestrand²⁷⁾ らは立位の平均値が、20才から30才では、701 cc, 32才から47才では750 cc であると述べている。Kjellberg²⁰⁾ ら、また、Maurea³⁶⁾ らは、臥位で738 cc から750 cc であるという。König²²⁾ ら、Musshoff⁴⁰⁾⁴¹⁾ らは、臥位で20才代の平均が797 cc, 30才代で762 cc, 40才代で796 cc, 50才代で800 cc, 60才以上では819 cc であると述べ、Roskamm⁵⁶⁾ らは男性スポーツマンの平均を906 cc, 女性でスポーツの訓練を受けているものの平均を682 cc であるといつた。わたくしの立位で測定した平均値は、19才から50才で540 cc, 51才から72才で569 cc, 男性スポーツマンでは607 cc であつた。

註：臥位で測定した容積が、立位で測定すれば減ることは、Musshoff⁴¹⁾ ら、Linderholm ら²⁸⁾, および、松本³⁵⁾, 梅沢⁶⁶⁾ によつて明らかにされているが、その原因は心の立位性充満度が制約されること、すなわち、一方では、弛期性流入が減り、したがつて、心拍量が減り、他方では、心腔から残留血

量が部分的に流出するためであると考えられる。

心容積の測定値の分布が大であるために、尋常の絶対的心容積を決めることは容易でない。絶対的心容積に関係するものとして、通常、身長、体重、体表面積が用いられる。Moritz³⁹⁾ は心容積と身長とのあいだに正の相関があると述べ、Kahlstorf¹⁷⁾, Ludwig³¹⁾, Kjellberg²⁰⁾ らは心容積と体重、ないし、体表面積のあいだの相関が大であると述べている。König²²⁾ ら、Musshoff⁴⁰⁾ らは、特別な訓練を欠く10才から60才までの男性の心容積と、身長、体重、体表面積のあいだの相関を調べて、それが大であると述べた。わたくしの調べでは、心容積と体重の相関が、尋常若・壮年群では疎であつた。しかし、尋常高年群には高い相関があり、相関係数は0.998 であつた。Frisch⁹⁾, König²³⁾ らは器質的心障害の度を判定するさい、心容積と体表面積の関係を、健常者のそれと対比するがよいといつた。すなわち、体重は術後の安静、また、治療による浮腫などのへるため、短期間に減量するから、心容積と体重の関係をを用いて評価すれば、多少の誤差を生じるおそれがあるのにたいして、体表面積との関係を求めれば、身長は不変であるから、体重を一指標にとるときほどには、動揺性が著しくないからであると述べた。

V-B 心拍数の年令的变化について

Astrand¹²⁾, Dill⁷⁾ ら、Robinson⁵⁴⁾, また、König²³⁾ らは、安静時の心拍数は健常人においては年令に関係なく、ほぼ、同じであるが、負荷を加え

ると、加齢とともに、心拍数の減りをみると述べ、若年者は高い負荷のさい、心拍数の増しで調節¹⁶⁾するのに反し、老年者では、かような心の能力が制限されると推論している。Holmgren¹⁴⁾¹⁵⁾はこれにたいし、以前にスポーツの訓練を受けた老年者は、最大の負荷のさいでも、著明な心拍数のへりを示さないと述べている。König²³⁾らは、スポーツの訓練が高年者の心拍数調節機構に、いかなる影響を与えるかを調べ、30才までの訓練されたものは、同年令群の訓練されないものと同じように、最大負荷において、心拍数の増しが著明であり、30才から40才までも同様であるが、60才から70才の老年者でも、スポーツ訓練の有無で、最大負荷時における心拍数の平均値は差を示さないと述べている。わたくしは、図10に示すように、若年者、高年者、および、若年のスポーツマンの Maximal Ergostasis における心拍数が、それほど、著しい差がないことを見た。しかし、仔細に調べると、心拍数を増す調節能力について、スポーツ訓練の有無でくらべると、有るものの方に能力の発動がおくれていることを認める。逆にいえば、このことから、訓練の度が低いものでは、心拍数の増しによる調節能力に不利があると考えられる。

König²²⁾²³⁾ら、Musshoff⁴⁰⁾らは、10才から60才までには、心容積と最大負荷時の心拍数とのあいだに、負の相関がみられ、60才以上になると、その相関が疎になると述べ、老年者では、心容積が大きい場合、負荷が大になると、心拍数を増す能力に制限がおこると推論した。Reindell⁵⁰⁾⁵²⁾らは、この両者のあいだに負の相関があるのは、心容積と心拍量のあいだに正の相関があるためであるとし、Fick法で求めた心拍量と心容積のあいだには、正の相関が大であると述べている。Holmgren¹⁵⁾らも、Fick法による心拍量と心容積のあいだに正の相関があるといつた。Musshoff⁴²⁾⁴³⁾らは、同様の方法で心室の大きさと、その残余血流量から、心拍量、ないし、心の予備力について述べている。わたくしの調べでも、図14のように、健常者において、心容積と心拍数のあいだに、負の関係があるように思われたが、同じ Submaximal Ergostasis においては、心容積が大きいほど、心拍量が増すために心拍数のへりがみられると考えられる。

V—C 加齢による循環系の変化

年令によつて、どのように安静時の心拍量に変化するかについては、多くの研究がある。Lewis²⁶⁾

は、40才から90才までの健常男子100例について、Acetylen法による心拍量が71ccから60ccにへるといい、Hartleb¹²⁾はバリストカルシオグラム法で算出し、40才以上になると、心拍量のへりが、多かれ、少なかれ、みられると述べている。Granath¹⁰⁾ら、Holmgren¹⁵⁾らは、65才から83才までの健常男性について、心拍量をFick法で求め、20才から40才までのそれにくらべて、30%のへりがあると報告した。しかし、Bühlmann⁴⁾らは、健常人の心拍量が年令によつて変化せず、ただ、心係数で評価すれば、年令のすすみとともに、わずかながらのへりがみられると述べている。

Blumberger³⁾、および、協研者の多数がみてきたように、圧負荷の増している心では、心拍量は減るが、Bühlmann⁵⁾は、圧負荷の著しい肺動脈狭窄症、僧帽弁狭窄症では、健常者にくらべて、安静時のみならず、Submaximal Ergostasis における心係数が著しくへると述べた。大循環系のことばさておき、肺循環系においても、Master³⁴⁾ら、Pickering⁴⁸⁾は、加齢とともに、縮期性動脈圧が増すと述べ、Granath¹⁰⁾ら、Holmgren¹⁵⁾らは、健常若年者にくらべると、63才以上の健常者の肺血管抵抗が30%の増しを示すと報告している。このことから、老年心における大・小循環系の圧負荷の増しが、老年者の心拍量のへりにたいする要因の一つであると考えられる。

Wezler⁶⁹⁾は、Wの増している心には、縮期の緊張が増し、外部の仕事の増しが必要となるけれども、生理的に60才までは心筋の肥大によつて、これに順応すると述べている。Linzbach²⁹⁾は、心が代償されているあいだは、求心性肥大で順応すると述べており、小池²¹⁾も動物実験でこれを証明している。

健常老年者について、負荷中の心拍量の変化を最初に報告したのはGranath¹⁰⁾であり、その後、Holmgren¹⁵⁾は、65才から83才の9例の健常老年者の最大負荷時における心拍量と、20才から40才までの8例の健常例のそれとをくらべ、老年者では103cc、若年者では121ccであると述べた。この老年者にみられる心拍量のへりは、Wの増しに伴なつて、心の仕事量の制限が安静時よりも、負荷時において、増すためであると考えられる。

V—D 酸素摂取量の年令的变化について

健常若年者において、心容積と仕事量のあいだに正の相関を最初に報告したのはSjöstrand⁶¹⁾⁶²⁾⁶³⁾ら

であり、ついで、Holmgren¹⁵⁾らも、また、Wahlund⁶⁷⁾も同様な相関があると述べ、エルゴメーターを用いて負荷を加え、X線的に求めた心容積と、心拍数が分時170における単位を m/Kg とした仕事量、すなわち、Sjöstrand のいう“身体的仕事量”(Physical Working Capacity) とのあいだの相関係数は 0.588 であつたと述べた。また、Bühlmann⁴⁾らは、この身体的仕事量と、酸素摂取量はよく相関するといつた。

Knipping 学派の意見に基づいて Pitteloud⁴⁹⁾らは、手回しの回転クランクエルゴメーターで、1分間ごとに負荷度を増したさいの分時酸素摂取量能力の最大値を、最大の酸素摂取量とし、この値を心循環系機能の Parameter とした。Robinson⁵⁴⁾、Mitschel³⁸⁾らは、中年者、老年者では、最大の酸素摂取量は、20才までは漸次上昇し、20才以上になると、加齢とともに、下降線をたどるといい、老年性変化の一つの指標とした。しかし、わたくしの調べでは、若・壮年群と、高年群のあいだに有意差はなかつた(図16)。

V—E 酸素脈 (O₂—Pulse) の年令的变化

O₂—Pulse とは、分時酸素摂取量を分時心拍数で除した値であり、一心拍ごとに末梢へ運搬される酸素量を意味する。

Musshoff⁴⁴⁾らは、健常男子13例、女子4例、スポーツマン9例につき、Fick 法から心拍量、分時送血量、動静脈酸素較差 (A.V—O₂ diff.) を測定し、Relative Maximal Steady State における O₂—Pulse は、心容積、負荷中の最大心拍量、最大分時送血量、最大 A.V—O₂ diff. と正の相関が大であることを認め、これらのものに規定される心の仕事量の尺度として考えた⁴⁵⁾。また、Nöcker⁴⁷⁾らも、心機能の一つの Parameter であることを推論している。一方、Bühlmann⁴⁾らは Sjöstrand^{61) 62) 63)} のいう身体的仕事量と心拍量のあいだに、健常者では密な正の相関があるといい、Pitteloud⁵⁰⁾らは、健常者では、身体的仕事量と総ヘモグロビン量がよく相関すると述べ、心予備力の一つの Parameter としての身体的仕事量を検討した。

König^{22) 23)}らは健常男子の最大 O₂—Pulse は、30才から60才までは、20才代にくらべて、やや、小となり、60才以上になると、そのへりは著しいといつた。Roskamm⁵⁶⁾らは、20才代の尋常男性の最大 O₂—Pulse にくらべ、同年代の男性スポーツマンのそれは著しく大であると述べた。わたくしの調

べでは、図17、19でみるように、その絶対値、体表面積で補正した値とも、スポーツマン、若年者、高年者、および、心疾患々者の順に、最大 O₂—Pulse は減りを示している。

V—F 心容積・機能比 (HVLQ) の年令の変化

König^{22) 23)}ら、Musshoff⁴⁰⁾ら、Roskamm⁵⁶⁾らは、19才から40才までの健常男性では、心容積と最大の O₂—Pulse とのあいだに、正の相関があり、50才代では、その相関係数が、やや、小となり、60才以上では、50才代にくらべ、著しく小になると述べ、この減りは老年者の心拍量のへりを意味するといつた。また、20才代のスポーツマンを含めた各年令群の回帰曲線は、スポーツマンで最も大きな係数を示し、かつ、直線的となり、ついで、加齢とともに、その一次式の係数は小になると述べている。わたくしの調べでは、図20に示すように、尋常若年群の最大の O₂—Pulse は、心容積と正の関係にあり、相関係数は 0.496 であつたが、他の3群には、有意の正の相関はえられなかつた。

かように、心容積と最大 O₂—Pulse とのあいだに正の相関があることから、Reindell^{22) 23) 24) 56)} 学派は心予備力の一つの Parameter として、心容積を最大 O₂—Pulse で除し、いわゆる“心容積・機能比”(HVLQ) の意義を提唱した。Reindell らによれば、HVLQ の値が小さいほど、循環機能の仕事量がより有効であると評価されると述べ、訓練されたスポーツマンほど小であり、年令のすすみ、とくに、60才以上になると、その増しが著しいといつた。わたくしの調べでも、図21のように、スポーツマン、尋常若年者、尋常高年者、心疾患々者の順に、その値が大となり、各群のあいだに、その平均値に有意差があつた。また、HVLQ と年令との関係をみると(図22)、老年者では、若年者にくらべて、上方に分布するものが多かつた。かように、老年者、また、心疾患群で HVLQ の増しがみられることから、心拍量のへりにたいする代償機構としての動静脈酸素較差の増しが十分でないことが考えられる。

Granath¹⁰⁾らは、安静時、ならびに、負荷時の動静脈酸素較差は60才以上の健常男性では、健常若年者より25%大であり、分時送血量は30%小であると述べ、安静時だけの調べでも、Cournand⁶⁾ら、Lewis²⁶⁾が同様のことを述べている。われわれの調べでは、Wezler の当教室法で求めた安静時分時送血量が平均値では、加齢によつて、減ることを見

た。Hickam¹³⁾ら、Bühlmann⁵⁾は、心疾患者においても、安静時、負荷時ともに、動静脈酸素較差の増し、分時送血量、ないし、心係数の減りが健常者にたいして著しいと述べている。

健常老年者にみる動静脈酸素較差の著しい増しは“比較的血行不全のはじまり”のParameterの一つと考えられる。Wezler⁷⁰⁾は循環系の老年性順応について、いわゆる“潜在性生理的老年性心不全”の概念を説き、その本質は心不全のレベルにまで、生理的に後退することであるといつた。

V—G 呼吸面からみた老年性変化

König²²⁾²³⁾らは、Submaximal Ergostasisにおける換気当量が、20才代にくらべて、60才以上になると大きくなることを述べた。わたくしの調べでも、21才から33才までの尋常男性7例のSubmaximal Ergostasisにおける換気当量の平均値は1.99、51才から67才までのそれは2.43となり、Maximal Ergostasisにおいても、前者が1.95、後者が2.43となり、老年者では呼吸効率が低下していることをみた。老年者が示すこの呼吸効率の変化については、%肺活量の減り、また、機能的死腔の増しなども考えられるが、Riley⁵³⁾ら、Margaret³²⁾は拡散能力の減りが原因するといつた。Mitschel³⁸⁾ら、Doll⁸⁾らは、老年者の拡散能力の減りが、運動負荷における動脈血酸素飽和度の著しい減りを間接的に示すと述べた。Greppi¹¹⁾らは、右心カテテル法から、肺血管抵抗の増しに平行して、右室の仕事量のへりをみるといい、Wezler⁷⁰⁾は、加齢によつても、肺動脈弛期圧が、ほとんど、変化しないけれども、33才から55才にいたるまでには、圧振幅の増しが著しくなるとして、高年者の右室負荷の増しを想定した。

V—H 老年心の形態学的変化

心容積について、König²²⁾²³⁾らは、20才から75才までの平均値が、ほとんど不変であると述べ、わたくしの調べでも(図7)、若年群と高年群のあいだには、平均値に有意差がなかった。この心容積とは別に、心重量についてWezler⁷⁰⁾は、つぎのように述べている。すなわち、60才までは心重量に増しがあるけれども、60才以上になると、多かれ少なかれ、重量はへる傾向にあり、心筋は肥大期から、ふたたび、萎縮期に移行すると述べた。これにたいし、他方では、40才から60才にかけて、血管の老年性変化として、心筋の肥大に伴ない、Wが増すと述べ、これがいわゆる“生理の仕事”ないし、“緊

張性肥大”であると述べている。心筋肥大にかかわらず、心容積が増さない原因として、Linzbach²⁹⁾は病理解剖学的に、König²³⁾らは臨床面から、代償状態にある圧負荷は、もつぱら、求心性肥大に基づくと解釈した。Wezlerは自己の観察、および、上述の知見を参酌して、心重量と仕事曲線の分岐点を、平均していけば、55才であるとし、老年心にしばしばみる心冠動脈、心冠細動脈の硬化から、心仕事量の減りを形態学の面から説明できるといつた。ちなみに、Linzbachは60才から94才までのヒトの90%に心冠動脈硬化をみると報告し、その結果、大なり小なり、心冠血流量の減りをきたすとしている。Spang⁶⁴⁾は心筋線維の代謝低下のために、壊死、瘢痕の経過をたどり、ついには、“心筋線維症”をも生じうると述べている。

V—I 生理学的面よりみた心循環系の老年性変化

Wezler⁷⁰⁾は“生理的老年性心不全”をつぎのように概説した。すなわち、体動脈圧の増すにつれ、とくに、50才以上になると、左室縮期における緊張性が増し、それに応じて、外部的仕事量が増す。Wの増しと、それにたいする心仕事の反応から、ともあれ大動脈気槽系の変化は考えられる。脈波速度の増しは、血管の“ふくらみかた”の減り、すなわち、脈管容積弾性率の増しを反映する。しかし、この反映の仕方は簡単な比例式によつて示すことはできない。脈波速度の増しは、老年者にみられるけれども、注意すべき点は、40才から50才にかけて、脈管容積弾性率がほとんど変化しないか、あるいは、その増しが、きわめて小なことである。この代償的老年性現象のために、気槽系の硬化が増せば、当然脈圧の増しは期待できるけれども、二因子のあいだに介在する上述の代償現象があるために、脈圧は、ただちに、大きくなるとはいえず、事実もこれを証明する。巷間、生理的老年性高血圧に伴なつては縮期性高血圧であり、脈圧増大を伴う高血圧と語られている。しかし、弛期性低血圧の傾向があることからしても、平均圧亢進の著しい高血圧ではない。また、簡単な分時送血量性の高血圧でもない。事実、老年者の心拍量は低下傾向を示す。40才代、50才代にみられる圧負荷の増しが、心筋の緊張性肥大を結果する点をよく注意すべきである。50才以上になると、一方では、動脈性圧負荷、ひいては、それに広じて必要となる心仕事が増し、他方では、心筋の肥大が萎縮に移行する傾向にあることから、

Wezler は 55 才を心重量と心仕事量のあいだに離反のおこる分岐点としている。

かような意見とわたくしの観察からして、わたくしはつぎのように考えた。このさい、老人において個体差が大きくなるという特徴から、散点のちらばりは大であることを考慮することが必要である。それにしても、運動負荷のさいの心予備力と心容積の面から、König²²⁾²³⁾²⁴⁾らの意見にしたがつて、“生理的老年性心不全”の傾向のあると考えられる例では、大動脈気槽系の機能的、場合によつては器質的な、硬化を重要視してよいと考えられる⁵⁹⁾。

Lang²⁵⁾ は、Blumberger 法による心力学的数値の統計的観察から、50 才以後には心緊張期 (ASZ) の延長を示す例が増すことを見、これが“生理的老年性心不全”に関連性をもちうるであろうと述べた。しかし、わたくしの結果からは、この点をたしかめることができなかつた。また、HVLQ の大小によつて分類した老人群の心力学的観察からも、決定的な差異を認めなかつた。それゆえ、安静時にみられる老人の心力学的な圧反応が潜在性の老年性心不全に関連しうるといふ Lang²⁵⁾ の意見を、ただちに認めるわけにはゆかない。

図 21 のように、スポーツマン、尋常若年者、尋常高年者、さらに、臨床的、ないし、亜臨床的な心不全の順に心予備力が低下していると仮定するならば、Reindell²²⁾²³⁾²⁴⁾⁵⁶⁾ 学派の述べているように、わたくしも HVLQ について各群に明らかな有意差があると考え。ただし、前述したように、O₂-Pulse は心拍量、動静脈酸素較差、また、総ヘモグロビン量などによつて左右される。

なお、この種の観察成績を判断するさい、考慮すべき重要な項がある。Marx³³⁾らは、第 1 項として、心疾患々者では、Maximal Ergostasis という状態そのものを、はたして代謝性平衡状態の意味に解釈しうるかどうか、第 2 項として、Maximal Ergostasis を作るのに危険がないという絶対的な保障のないこと、第 3 項としては、心疾患が、しばしば、閉塞性肺機能障害を伴ない、運動負荷中に呼吸困難を増すこともあり、これらの点を考慮するならば、Maximal Ergostasis にいたらないうちに、負荷を中断しなければならなくなることも、臨床的観察のコードから要請されると述べている。

以上に述べた運動負荷検査法では、負荷終了後の回復が急速であること、また、回復の程度が均一でないということから、現在では、負荷中の測定が重

要視される。また、測定のために、被検者に与える苦痛が可及的小であるべきことも要請される。これらのことを考慮すると、方法論的にも、運動時の酸素摂取能力と心容積の関係から、心予備力の Parameter を求めようとするのは、相当高く評価されてよいと思われる。

VI ま と め

1. 尋常若年者、尋常高年者、スポーツマン、および、安静時に代償状態にある心疾患患者、計 57 例に、トレッドミル型エルゴメーター、あるいは、自作のペルタ式エルゴメーターによつて運動負荷試験を行ない心予備力を示す Parameter の変化を調べ、Wezler のいう“生理的老年性心不全”を検討した。

2. Rohrer-Kahrstorf の式を応用して心容積を算出した。

各群の心容積では、尋常高年群は、その上界が、やや、大とはいえ、尋常若年群と、ほぼ、差を示さず、スポーツマン群は尋常の上界附近に分布し、心疾患群では、尋常域を示すものが多かつた。体重にたいする比をとれば、高年群、心疾患群の値が若年群、スポーツマン群にくらべて大となつた。

3. 安静時の心拍数は、スポーツマン群で著明な徐拍傾向を示した。50 Watt の同一負荷のさいの心拍数を比較すると、スポーツマン群が、尋常若年群にくらべると心拍数が少ない傾向を示し、とくに、スポーツマン群で著しかつた。尋常若年群、スポーツマン群の心拍数は、心容積と、ほぼ、負の相関を示したが、有意の相関はなかつた。Maximal Ergostasis の心拍数は心疾患群が他の群にくらべて、少なかつたが、他の 3 群は有意差を示さなかつた。Maximal Ergostasis における心拍数と心容積とのあいだには高年群、スポーツマン群に負の関係がみられ、とくに、前者において、有意の相関をみた。

4. 50 Watt における体表面積あたりの酸素摂取量は、各群ともほぼ、等しかつた。Maximal Ergostasis における体表面積あたりの酸素摂取量はスポーツマン群では尋常若年群にくらべて、有意水準 1% 以下で大であり、心疾患群では、5% 以下の有意水準で、若年群より小であつた。Maximal Ergostasis における酸素摂取量と心容積のあいだに、有意の相関がなかつた。

5. 50 Watt における体表面積あたりの O₂-Pulse は、スポーツマン群が他の群にくらべて大で

あつた。Maximal Ergostasis における O_2 -Pulse はスポーツマン群で著しく大であり、若年群、高年群、心疾患群の順に小であつた。体表面積で補正した値では、同様の傾向を見たが、スポーツマン群だけが、若年群にたいして有意に大であつた。心容積と Maximal Ergostasis における O_2 -Pulse との関係は、若年群、高年群では正の関係にあり、若年群には有意の相関があつた。

6. Reindell らのいう心容積、機能比は、尋常若年者で、 58.4 ± 11.3 であつた。高年群では5%以下の有意水準で、心疾患群では0.1%以下の有意水準で、若年群より大であり、スポーツマン群は、0.1%以下の有意水準で、若年群より小であつた。また、心容積・機能比は、老年群では若年群の尋常域をこえて大きな値を示すものがあつた。このことが老年者における循環系の予備力のへりの一面を示すと考える。

心容積・機能比から、スポーツマン、尋常若年者、尋常高年者、さらに臨床的、ないし、亜臨床的な心不全の順に心予備力が低下していると仮定するならば、心容積・機能比は各群のあいだで有意差を認めうる。ただし、この比を用いて心予備力の Parameter をうかがおうとするさいには、肺機能、貧血などを考慮しなければならない。

7. 換気当量は Submaximal ならびに Maximal Ergostasis において、老年者は若年者にくらべて大であつた。この老年者の呼吸効率の低下は、%肺活量の減り、機能的死腔の増し、ならびに、拡散能力の減りが原因であると考えられる。

8. 60才以上の老年者で、脈管力学的観察より、大動脈気槽系の機能的、場合によつては、器質的硬化の増し、心拍量の減りを見た。しかし、Wezler のいう比較的心駆血期の短縮は認めなかつた。

9. 心容積・機能比と、大動脈気槽系の脈波速度、ならびに、脈管容積弾性率の関係をみた。

高年群で心容積・機能比の大きいものは両者が大きい傾向を示した。末梢流血抵抗については、以上のような関係を見なかつた。

10. 安静時の心力学的数値は、尋常老年群でも、ほぼ、尋常範囲内にあつた。

11. 心容積・機能比が尋常若年者の上界、70以上の老年群の心力学と、70以下の老年群のそれを比較した。70以上のものは70以下のものに比べて、頻拍傾向と、圧反応傾向を見た。しかし、個々の例を見ると、尋常範囲に入るものが多く、また、両群

のあいだの重なり合いも認められた。それゆえ、安静時に見られる老年者の心力学的圧反応が潜在性の老年性心不全に関連するという Lang の意見を、ただちに認めるわけにはゆかなかつた。

稿を終わるにあたり、終始、ご懇篤なご指導と厳正なご校閲を賜つた恩師齋藤十六教授に、厚く御礼申し上げます。また、稲垣義明博士、宇佐美暢久博士、長谷川鎮雄博士、松本一暁博士、ならびに、谷口寿雄学士をはじめ、教室の協研者諸兄のご指導、ご協力に御礼申し上げます。

本論文の要旨は、第5回（昭和38年）日本老年医学会総会、第6回（昭和39年）日本老年医学会総会、第7回（昭和40年）日本老年医学会総会、第61回（昭和39年）日本内科学会総会、第5回（昭和40年）日本胸部疾患学会総会、第19回（昭和40年）日本体力医学会総会、および、第30回（昭和41年）日本循環器学会総会で報告した。

文 献

- 1) Astrand, P. O. & Ryhming, I.: A nomogram for calculation of aerobic capacity (Physical fitness) from pulse rate during submaximal work. *J. Appl. Physiol.* 7, 218-221, 1954.
- 2) Astrand, I., Astrand, P. O. & Rodahl, K.: Maximal heart rate during work in older men. *J. Appl. Physiol.* 14, 562-566, 1959.
- 3) Blumberger, K.: Die Anspannungszeit und Austreibungszeit beim Menschen. *Arch. Kreislaufforschg.* 6, 203-292, 1940.
- 4) Bühlmann, A. & Gattiker, H.: Herzzeitvolumen, Schlagwolumen und physische Arbeitskapazität. *Schweiz. Med. Wschr.* 94, 443-449, 1964.
- 5) Bühlmann, A.: Klinische Funktionsprüfung des Herzens. *Schweiz. Med. Wschr.* 95, 1327-1332, 1965.
- 6) Cournand, A., Riley, R. C., Breed, E. S., Baldwin, E. F. & Richards, D. W.: Measurement of cardiac output in man using technique of catheterization of right auricle or ventricle. *J. Clin. Invest.* 24,

- 106-116, 1945.
- 7) **Dill, D. B., Horvath, S. M. & Craig, F. N.:** Responses to exercise as related to age. *J. Appl. Physiol.* **12**, 195-196, 1958.
 - 8) **Doll, E., König, K. und Reindell, H.:** Das Verhalten der arteriellen Sauerstoffspannung und anderer arterieller blutgasanalytischer Daten in Ruhe und während körperlicher Belastung. *Pfügers Arch.* **271**, 283-295, 1960.
 - 9) **Frisch, P. und Klepzig, H.:** Zur Herzgrößenbestimmung bei Herzkranken. *Arch. Kreislaufforschg.* **33**, 215-225, 1960.
 - 10) **Granath, A., Jonsson, B. & Strandell, T.:** Studies on the central circulation at rest and during exercise in the supine and sitting body position in old men. *Acta med. Scand.* **169**, 125-126, 1961.
 - 11) **Greppi, E., Panuccio, P. & Cresci, F.:** Functional impairment of respiratory apparatus in the process of aging (Medical and clinical aspects of aging). Columbia Univ. Press, New York, 175-177, 1962.
 - 12) **Hartleb, O.:** Über Alternswandlungen ballistographischer Befunde. *Verh. Dtsch. Ges. Kreislaufforschg.* **24**, 220-224, 1958.
 - 13) **Hickam, J. B., Cargill, W. H. & Golden, A.:** Cardiac vascular reactions to emotional stimuli; effect on the cardiac output, arteriovenous oxygen difference, arterial pressure, and peripheral resistance. *J. Clin. Invest.* **27**, 290-298, 1948.
 - 14) **Holmgren, A., Jonsson, B., Levander, M., Linderholm, H., Sjöstrand, T. & Ström, G.:** Low physical working capacity in suspected heart cases due to inadequate adjustment of peripheral blood flow (vasoregulatory asthenia). *Acta med. Scand.* **158**, 413-436, 1957.
 - 15) **Holmgren, A., Jonsson, B. & Sjöstrand, T.:** Circulatory data in normal subjects at rest and during exercise in recumbent position, with special reference to the stroke volume at different work intensities. *Acta physiol. Scand.* **49**, 343-363, 1960.
 - 16) **飯島常喜:** 簡易循環機能検査における脈拍, および, 動脈血圧の意義にかんする研究, *千葉医学会誌*, **35**, 2061-2084, 1960.
 - 17) **Kahrstorf, D.:** Über eine orthodiographische Herzvolumenbestimmung. *Fortschr. Röntgenstr.* **45**, 123-146, 1932.
 - 18) **木下安弘:** 健常, および, 病態における心, 脈管力学, とくに, Blumberger-Holldack 法, ならびに, Wezler 法による研究について, *千葉医学会誌*, **34**, 92-129, 1958.
 - 19) **Kirchhoff, H. W.:** Praktische Funktionsdiagnostik des Herzens und Kreislaufs. 135-171, München, 1965.
 - 20) **Kjellberg, S. R., Rudhe, K. & Sjöstrand, T.:** The amount of hemoglobin and the blood volume in relation to the pulse rate and cardiac volume at rest. *Acta physiol. Scand.* **19**, 136-145, 1949.
 - 21) **小池通靖:** 頸動脈洞, および, 大動脈神経にかんする研究, *千葉医学会誌*, **33**, 909-945, 1958.
 - 22) **König, K., Reindell, H., Musshoff, K., Roskamm, H. und Kessler, M.:** Das Herzvolumen und die körperliche Leistungsfähigkeit bei 20-60 jährigen gesunden Männern. II. Mitteilung. *Arch. Kreislaufforschg.* **35**, 37-67, 1961.
 - 23) **König, K., Reindell, H. und Roskamm, H.:** Das Herzvolumen und Leistungsfähigkeit bei 60-75 jährigen gesunden Männern. *Arch. Kreislaufforschg.* **39**, 143-181, 1963.
 - 24) **König, K., Reindell, H., Hoffmann, G. und Achtermann, R.:** Zur Frage der Glykosid-Therapie bei der latenten Herzinsuffizienz (Belastungsinsuffizienz) unter besonderer Berücksichtigung des Artersherzens. *Arch. Kreislaufforschg.* **43**, 86-116, 1965.
 - 25) **Lang, E. F.:** Einfluss der Pulsfrequenz auf die Kontraktionsphasen des Herzens. *Z. Kreislaufforschg.* **54**, 479-488, 1965.
 - 26) **Lewis, W. H. Jr.:** Changes with age in the cardiac output in adult men. *Amer. J. Physiol.* **121**, 517-527, 1938.
 - 27) **Liljestrand, G., Lysholm, E. & Nylin, G.:** The immediate effect of muscular work on

- the stroke and heart volume in man. *Scand. Arch. Physiol.* 80, 265-282, 1938.
- 28) Linderholm, H. & Strandell, T.: Heart volume in the prone and erect positions in certain heart cases. *Acta med. Scand.* 162, 247-261, 1958.
- 29) Linzbach, A. J.: Die Lebenswandlungen der Struktur des Herzens. *Verh. Dtsch. Ges. Kreislaufforschg.* 24, 1-15, 1958.
- 30) Ludwig, H.: Röntgenologische Beurteilung der Herzgrösse. *Fortschr. Röntgenstr.* 59, 1-52, 1939.
- 31) Ludwig, H.: Weitere Untersuchungen zur röntgenologischen Beurteilung der Herzgrösse. I. Mitteilung: Der II. schräge Durchmesser. *Fortschr. Röntgenstr.* 59, 139-160, 250-273, 1939.
- 32) Margaret, W., McGrath & Thomson, M. L.: The effect of age, body size and lung volume change on alveolar-capillary permeability and diffusing capacity in man. *J. Physiol.* 146, 572-582, 1959.
- 33) Marx, H. H., Zuhlke, H. E. und Schütze, B.: Möglichkeiten und Grenzen der Ergometrie für klinische Fragestellung. *Z. Kreislaufforschg.* 54, 1054-1067, 1965.
- 34) Master, A. M., Arthur, M., Richard, P., Lasser & Harry, L.: Blood pressure in white people over 65 years of age. *Ann. Int. Med.* 48, 284-299, 1958.
- 35) 松本龍二：治療前後における心、脈管疾患の心拍量、とくに、Keys-Friedell 法による研究、千葉医会誌, 34, 636-663 1958.
- 36) Maurea, G., Nylin, G. & Sollberger, A.: Normal heart volume. *Acta Cardiol.* 10, 336-361, 1955.
- 37) Mellerowicz, H., Roskamm, H., Hettinger, Th., Hollmann, W., Klaus, E. J., König, K., Mies, H., Reindell, H. und Stoboy, E.: Vorschläge zur Standardisierung der ergometrischen Leistungsmessung. II, Mitteilung. *Z. Kreislaufforschg.* 53, 856-860, 1964.
- 38) Mitschell, J. H., Sproule, B. J. & Chapman, C. B.: The physiological meaning of the maximal oxygen intake test, *J. Clin. Invest.* 37, 538-547, 1958.
- 39) Moritz, F.: Über die Norm der Grösse und Form des Herzens beim Mann. *Dtsch. Arch. klin. Med.* 171, 431-476, 1391.
- 40) Musshoff, K., Reindell, H., König, K., Keul, J. und Roskamm, H.: Das Herzvolumen und die körperliche Leistungsfähigkeit bei 10-19 jährigen gesunden Kindern und Jugendlichen. *Arch. Kreislaufforschg.* 35, 12-36, 1961.
- 41) Musshoff, K. und Reindell, H.: Zur Röntgenuntersuchung des Herzens in horizontaler und vertikaler Körperstellung. I. Mitteilung. *Dtsch. med. Wschr.* 81, 1001-1008, 1956. II. Mitteilung. *do.* 82, 1075-1080, 1957.
- 42) Musshoff, H., Reindell, H. & Klepzig, H.: Stroke volume, arterio-venous difference, cardiac output and physical working capacity and their relationship to heart volume. *Acta Cardiol.* 14, 427-452, 1959.
- 43) Musshoff, K., Reindell, H., Klepzig, H. und Kirchhoff, H. W.: Herzvolumen, Schlagvolumen und körperliche Leistungsfähigkeit. *Cardiologia.* 31, 359-374, 1957.
- 44) Musshoff, K., Reindell, H., Steim, H. und König, K.: Die Sauerstoffaufnahme pro Herzschlag (O_2 -Puls) als Funktion des Schlagvolumens, der arteriovenösen Differenz, des Minutenvolumens und des Herzvolumens. *Z. Kreislaufforschg.* 48, 255-277, 1959.
- 45) Musshoff, K., Reindell, H., Klepzig, H., Frisch, P., Emmrich, J., König, K., Steim, H., Baumgarten, B. und Moser, F.: Zur Normgrösse des gesunden Herzens. *Fortschr. Röntgenstr.* 88, 88-97, 1958.
- 46) 中村 隆・滝島 任：肺機能とその臨床, 3-67, 1962.
- 47) Nöcker, J. und Böhlau, V.: Der Sauerstoffpuls in Abhängigkeit vom Lebensalter. *Verh. Dtsch. Ges. Kreislaufforschg.* 24, 225-231, 1958.
- 48) Pickering, G. W.: High Blood Pressure.

- Grune and Stratton, New York, 221-240, 1955.
- 49) **Pitteloud, J. J. et Forster, G.:** Une technique ergométrique simple: le test de l'escabeau modifié. *Schweiz. med. Wschr.* **32**, 1094-1097, 1963.
- 50) **Pitteloud, J. J., Forster, G. et Gander, M.** La détermination de l'hémoglobine totale et sa signification dans l'estimation de la capacité de travail musculaire. *Schweiz. med. Wschr.* **94**, 811-816, 1964.
- 51) **Reindell, H., Musshoff, K., Klepzig, H., Steim, H., Frisch, P., Metz, G. und König, K.:** Beitrag zur Funktionsdiagnostik des gesunden und kranken Herzens. *Münch. med. Wschr.* **100**, 765-773, 1958.
- 52) **Reindell, H., Musshoff, K., und Klepzig, H.:** Regulative und myogene Dilatation des Herzens. *Fortschr. Röntgenstr.* **85**, 385-408, 1956.
- 53) **Riley, R. L., Shepard, R. H., Cohn, J. E., Carroll, D. G. & Armstrong, B. W.:** Maximal diffusing capacity of the lungs. *J. Appl. Physiol.* **6**, 573-587, 1954.
- 54) **Robinson, S.:** Experimental studies of physical fitness in relation to age. *Arbeitsphysiol.* **10**, 251-323, 1938.
- 55) **Rohrer, F.:** Volumenbestimmung von Körperhöhlen und Organen auf orthodiagraphischem Wege. *Fortschr. Röntgenstr.* **24**, 285-294, 1916/17.
- 56) **Roskamm, H., Reindell, H., Musshoff, K. und König, K.:** Die Beziehungen zwischen Herzgröße und Leistungsfähigkeit bei männlichen und weiblichen Sportlern im Vergleich zu männlichen und weiblichen Normalpersonen. II. Mitteilung. *Arch. Kreislaufforschg.* **35**, 67-102. 1961.
- 57) 斎藤十六・稲垣義明・宇佐美暢久・中村 仁: 物理学的心・脈管分析法, 呼吸と循環, **12**, 15-33, 1964.
- 58) 斎藤十六・稲垣義明・宇佐美暢久・長谷川鎮雄・谷口寿雄・松山大秀・近藤恭平・小川潔似知 (東京都電気研究所): 定量負荷型エルゴメーターの試作と応用, *日本 ME 学会雑誌*, **4**, 344-345 1966.
- 59) 佐瀬富士夫: いわゆる“Zentralisation (Duesberg)”の循環力学的意義について, *千葉医学会誌*, **34**, 677-706 1958.
- 60) **Schaefer, H.:** Natürliches Altern Behandl. von Alterskrankheiten, von M. Hochrein herausgegeben. (1958) München, 12-142.
- 61) **Sjöstrand, T.:** Volume and distribution of blood and their significance in regulation. *Physiol. Rev.* **33**, 202-228, 1953.
- 62) **Sjöstrand, T.** Die pathologische Physiologie der Korrelationen zwischen Herz und Gefäßsystem. *Verh. Dtsch. Ges. Kreislaufforschg.* **22**, 143-157, 1956.
- 63) **Sjöstrand, T.:** The relationship between the stroke volume of the heart and the capacity of the vascular system. *Acta Physiol. Scand.* **42**, Suppl. **145**, 126-127, 1957.
- 64) **Spang, K.:** Altersherz und Kardiosklerose. *Dtsch. med. Wschr.* **79**, 318-323, 1954.
- 65) 塚本 勉: 高血圧の集団検診にかんする知見補遺, 40才以上の男性警視庁職員6,000名以上についておこなつた3年間の循環器検診成績, *千葉医学会誌*, **35**, 1788-1816, 1959.
- 66) 梅沢英正: 安静時, ならびに, 運動時における心・脈管疾患の心拍量, とくに, Keys-Friedell法による研究, *千葉医学会誌*, **34**, 579-614, 1958.
- 67) **Wahlund, H.:** Determination of the physical working capacity. *Acta med. Scand.* (Suppl. 215) **132**, 1-78, 1948.
- 68) 渡辺 定: 高血圧に関する統計的事項, *医学シンポジウム*, **5**, 1-35, 1962.
- 69) **Wezler, K. und Böger, A.:** Die Dynamik des arteriellen Systems. Der arterielle Blutdruck und seine Komponenten. *Erg. Physiol.* **41**, 292-606, 1939.
- 70) **Wezler, K.:** Die physiologische Altersinsuffizienz. *Verh. Dtsch. Ges. Kreislaufforschg.* **24**, 74-104, 1958.