

運動負荷心電図における左房負荷所見に 関する研究

川崎医科大学 中央検査部*, 同循環器内科**

山本 誠一*, 杉本 玲子*

入江 淑恵*, 沢山 俊民**

(昭和51年9月25日受付)

An Evaluation of Left Atrial Overload in Exercise Electrocardiography

Seiich Yamamoto*, Reiko Sugimoto*, Yoshie Irie*
and Toshitami Sawayama, MD**

Department of Clinical Laboratories*, and Division of Cardiology,
Department of Medicine**, Kawasaki Medical School

(Accepted on Sept. 25, 1976)

Master's double two-step test を行った80例(陽性群25例, 陰性群55例)について ST と P 波における変化を拡大心電図を用いて検討した結果, 以下の成績を得た.

1. **Master test** 陽性群は陰性群に比し, 左房負荷所見発現の頻度が高かった. しかし安静時からすでに左房負荷の傾向を示していた例も陽性群に多かった.

運動後の ST の変化と P 波のそれとは必ずしも一致せず, **Master test** 陰性例でも左房負荷を示す例が存在し, 陽性例でも P 波が変化しない例が認められた.

2. 左房負荷の判定基準である ① P の幅 ≥ 0.11 秒, ② $P_{II}/P_{Qs} > 1.6$, ③ $PV_1-TF < -0.04$ を用いて運動後の P 波を検討した結果, 3者とも運動後, 左房負荷所見の出現率が高率であった.

一方, P_{II} および PV_1-TF は **Master test** 陰性群に比し陽性群で高率を示した.

3. **Master test** 陽性群のうち治療前後で運動負荷を行った10例における P 波と ST の変動について検討した結果, 治療前の P 波および ST はともに治療前に比し著明な改善を示した.

4. ST および P 波の異常に関して, 冠不全と左心不全の両面から考察を加えた.

Relation between alteration of ST-segment and that of P-wave was evaluated in 80 patients given Master's double two-step exercise test.

The following results were obtained.

1. After the exercise the positive Master test group (25 subjects) compared to the negative group (55 subjects) was more frequent in p-wave abnormality, indicating left atrial overload (LAO). The positive test group, however, also had

a higher incidence of LAO before the exercise. Abnormalities of ST-segment and P-wave were not always corresponded. It was found that even negative exercise case showed LAO and some positive cases had normal P-wave.

2. As the result of evaluation of diagnostic criteria for LAO (P-width \geq 0.11 sec., and abnormal Macruz and Morris indices), the rate of incidence after the exercise was higher in all three parameters.

3. Follow-up observations on ST-segment and P-wave of 10 patients with ischemic heart disease and with positive exercise test showed that both abnormalities were markedly improved after treatment.

4. It may be of a great value for the patients with ischemic heart disease to evaluate exercise electrocardiogram in combination of changes in ST-segment (related to coronary insufficiency) and P-wave (related to left ventricular failure).

はじめに

心房の電氣的収縮状態を表わすP波は心電図波形のうち最も小さいので、QRS群、ST部分およびT波に比し研究の対象になることが少なかった。しかし Macruz¹⁾らが、Pの幅をPR segmentで除した時間比が心房負荷の診断に有用であるという“Macruz Index”を提唱したので、P波が一般に注目されるようになった。

一方 Morris²⁾らは、V₁誘導のP波後期成分をP terminal force (以下PV₁-TF)と称し、その陰性部分の増大が左房負荷所見として重要であることを報告した。またPV₁-TFは、左心不全をよく反映する指標として、心筋硬塞に伴う左心不全の治療経過を観察するのに有用であるとの報告もなされている³⁾⁻⁵⁾。

わが国でも大宅⁶⁾、磯井⁷⁾、新居⁸⁾⁹⁾が、拡大高速心電計を用いP波を5~16倍に拡大し、より詳細な分析を行っている。

しかし運動負荷後のP波の変動に関する研究は少ない¹⁰⁾¹¹⁾。そこで今回は運動負荷試験前後のSTとP波における変化を拡大心電図を用いて検討した。

I. 対象と方法

対象は、1975年1月から1976年3月までに川崎医科大学附属病院に来院し Master's double

two-step test (以下 Master test) を行った約600例のうち80例を選んだ。その内訳は表1のごとくである。

Table 1. Subjects

Master test	# of cases	age (ave.)
Negative group	M 29	37—71 (47)
	F 26	
Positive group	M 13	39—69 (52)
	F 12	
	total 80	

Master testの結果により80例を陽性群と陰性群に分類した。

陰性群55例は臨床診断で心疾患を認めず、安静時心電図は正常範囲にあり、Master test後もST部分、T波が何ら異常を示さなかった症例である。

陽性群25例はMaster test後、左室側誘導で明らかなST部分の虚血性下降を生じ、Masterの判定基準¹²⁾で陽性所見を示し、しかも臨床的に冠動脈疾患と診断された症例である。

方法は全例に Master's Double two-step testを行い、安静時、運動直後および3分後の記録を感度1mV=2cm、紙送り速度毎秒50mmで行った。なお記録装置には6要素熱ペン式心電計(DC-6、フクダ電子製)を用いた。

II. 検査項目

検査項目は以下のごとくである。

1. Master test 陽性群と陰性群における運動直後および3分後の①心拍数、② V_5 のST(ST- V_5)偏位、③II誘導のP波の幅(P_{II})、④ P_{II} とPQ segmentとの比(P_{II}/PQs)、⑤ V_1 のP-initial force(PV_1 -IF)、⑥ PV_1 -IFとPQ segmentとの比(P_i/PQs)、⑦ V_1 のP-terminal force(PV_1 -TF)および⑧ PV_1 -TFとPQ segmentとの比(P_T/PQs)。

2. 左房負荷判定基準の評価

一般に左房負荷の判定基準として用いられている、① $P_{II} > 0.11$ 秒¹³⁾、② $P_{II}/PQs \geq 1.6$ ¹⁾および③ PV_1 -TF ≤ -0.04 ²⁾の値を示す例が、Master test 陽性群および陰性群にどのくらい存在したか、また運動後その率がどのように変動したかについて。

3. Master test 陽性群のうち治療前後でMaster testを行った10例における、① P_{II} 、② P_{II}/PQs 、③ PV_1 -TFおよび④ST- V_5 の各変動について。

4. Master test 陽性例で治療経過中、負荷後の PV_1 -TFおよびST- V_5 が種々の変化を示した症例の呈示。

なお、 PV_1 -IFと PV_1 -TFの計測方法は図1-(a)のごとく、両者とも持続時間と振幅の積で表わし(Morris Index)、 PV_1 -TFの値が -0.04

と等しいか、またはそれより小のとき左房負荷と判定した²⁾。

一方、 P_{II}/PQs の求め方は図1-(b)のごとく、 P_{II} の幅をPQ segmentで除した(Macruz Index)。その正常範囲は1.0~1.6で、1.0以下は右房負荷、1.6以上は左房負荷と判定した¹⁾。

III. 成績

1. Master test 陽性群と陰性群における運動後の心拍数、STおよびP波の変動について図2(a)(b)。

心拍数(HR)は両群とも安静時に比し運動直後で有意に増加した。また陽性群が陰性群に比し高値を示した。

陽性群のST- V_5 は陰性群のそれに比し運動直後で著明な下降を示した。

P_{II} は安静時、直後および3分後のいずれも陽性群で高値(異常)を示した。

P_{II}/PQs は陽性群および陰性群いずれも運動直後で最大値を示した。また安静時、運動直後および3分後のいずれもMacruz Indexの正常値上限(1.6)を越えた。

PV_1 -IFおよび P_i/PQs はいずれも陰性群で高値を示した。

PV_1 -TFは陰性群に比し陽性群が有意に低値(異常)を示した。また両群とも運動直後で最低値を示した。また P_T/PQs は運動直後で最大値を示した。

2. 左房負荷判定基準の検討

表2に示したごとく陽性群の P_{II}/PQs および陰性群の PV_1 -TFを除きいずれも運動3分後で左房負荷所見の出現率が最も高かった。

一方、 P_{II} および PV_1 -TFは陰性群に比し陽性群で高率を示した。

3者の左房負荷判定基準のうち、 $P_{II}/PQs \geq 1.6$ の基準は陽性群および陰性群

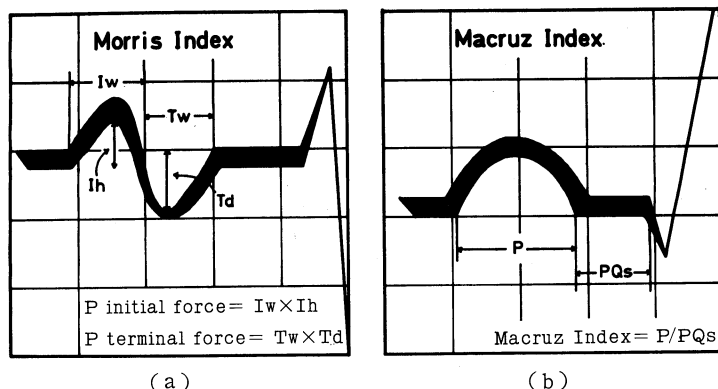


Fig. 1. How to measure Morris index (a) and Macruz index (b) on the enlarged P-wave in lead V_1 (a) and lead II (b).

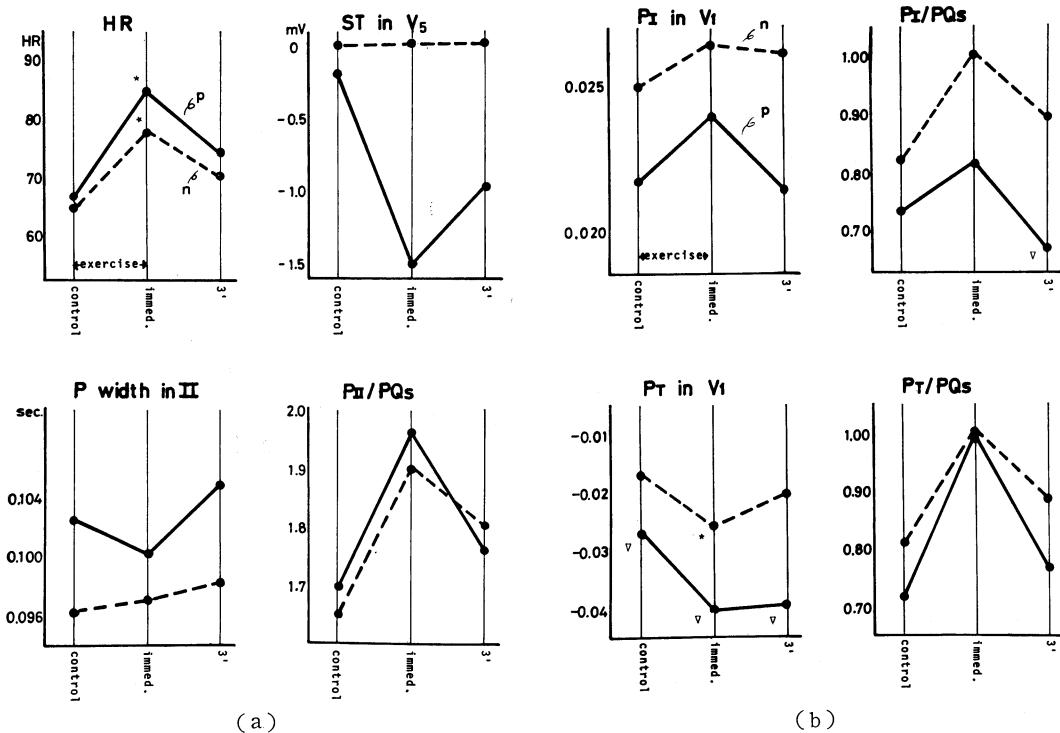


Fig. 2. Measured values of heart rate (HR), ST-segment and P-wave before (control) and after (immed. and 3') exercise in Master positive (p) and negative (n) groups.

Note: * = $p < 0.05$ between pre- and post-exercise values.
 ▽ = $p < 0.05$ between negative and positive groups.

とも安静時すでに40%を越えており、運動直後および3分後で48ないし62%を示した。両群間には有意差がなかった。

一方、 PV_1-TF は安静時で陰性群4%、陽性群20%を示し、運動後の最高率は陰性群25%、陽性群48%でともに50%

を越えなかった。また、両群間には有意差があった。

陽性群における安静時、運動直後および3分後の、① PV_1-TF と P_{II} 、② PV_1-TF と P_{II}/PQs 、③ PV_1-TF と P_T/PQs 、④ PV_1-TF と ST 、⑤ P_{II} と P_{II}/PQs および ⑥ P_{II} と ST に

Table 2. Response of ECG criteria for left atrial overload (LAO) to Master's double 2-step test.

criteria for LAO	Master test	before exercise No. (%)	immed. after exercise No. (%)	3 min. after exercise No. (%)
P_{II} -width ($P_{II} \geq 0.11''$)	negative group	14 (25)	18 (33)	22 (40)
	positive group	12 (48)	10 (40)	16 (64)
Macruz index $P_{II}/PQs \geq 1.60$	negative group	23 (42)	34 (62)	34 (62)
	positive group	12 (48)	15 (60)	12 (48)
Morris index $PV_1-TF \leq -0.04$	negative group	2 (4)	14 (25)	3 (5)
	positive group	5 (20)	11 (44)	12 (48)

おけるそれぞれの相関関係を検討すると、③ PV_1-TF と P_T/PQs が安静時 $r = +0.627$ 、運動直後 $r = +0.738$ 、同3分後 $r = +0.561$ の正関係を認めたのみで他は有意な相関を示さなかった。

3. Master test 陽性群のうち治療前後で

Master test を行った10例における P 波と ST の変動について (図 3)。

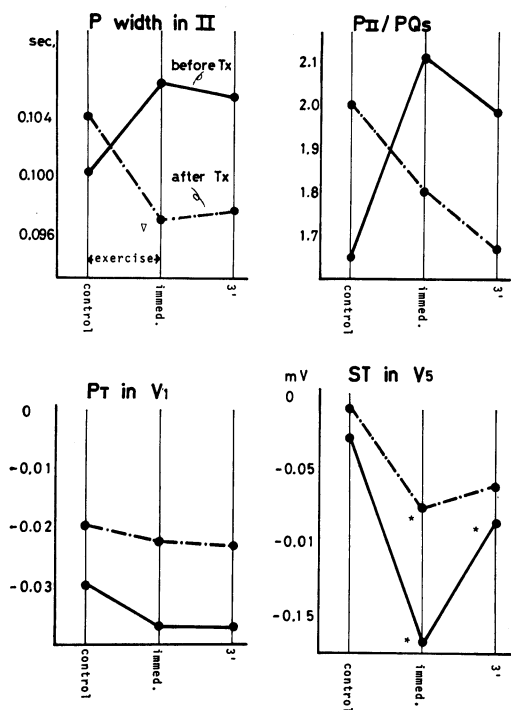


Fig. 3. Measured values of pre- and post-exercise P-wave and ST-segment in 10 positive Master patients before and after treatment (Tx).
note: see the Figure 2.

Master test 後における P 波および ST の変動は治療後が治療前に比し、 P_{II} および P_{II}/P_{Qs} は低値 (正常化傾向) を、 P_{V_1-TF} および ST は高値 (正常化傾向) を示した。

4. Master test 陽性例で治療経過中、負荷後における P_{V_1-TF} および $ST-V_5$ が種々の変化を示した症例について (図 4)。

この症例は冠動脈狭窄による労作性狭心症を有する 41 歳の男性である。このことは冠動脈造影法で冠動脈の 3 枝とも高度の狭窄が証明されたことで確認された。

図 4 に示した A から D は入院時の治療前 (A) から治療経過中 (B ~ D) における Master test 後の P_{V_1-TF} および $ST-V_5$ の変動を示したものである。

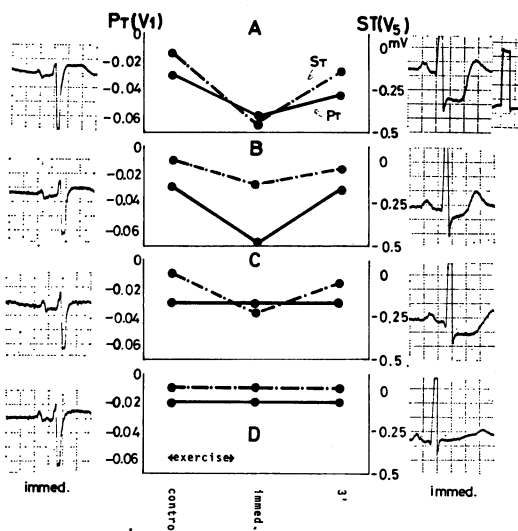


Fig. 4. Serial P-wave and ST-segment Morphogres and their pre- and post-exercise values in 4 occasions (A to D) during treatment of 1 patient with angina pectoris.

A は P_{V_1-TF} および $ST-V_5$ とともに運動直後で著明な異常を示しており、患者も運動中、狭心痛を訴え 1 分間のみで運動を中止した。

B の P_{V_1-TF} は A の場合と同様、著明な異常を示したが、 $ST-V_5$ は軽度であった。

C の P_{V_1-TF} は負荷後で変化せず、 $ST-V_5$ は中等度の低下を示した。

D は P_{V_1-TF} および $ST-V_5$ とともに運動後変化せず、運動中胸痛などの自覚症状も発現しなかった。

IV. 考 察

P 波は心電図波形のうち最小の波形であるため標準感度 (1 mV=1 cm) の記録では正常か異常かの鑑別が困難な場合がある。このため森ら¹⁴⁾ は拡大高速記録心電計を用いて標準感度の 8 倍ないし 16 倍拡大することにより P 波の詳細な分析が可能となったとのべている。しかし 8 ~ 16 倍に拡大するためには通常の心電計を改良する必要がある。そこで著者らはルーチンに用いている心電計で可能な感度 1 mV=2 cm および紙送り速度毎秒 50 mm の 4 倍に拡大して

検討を行った。その結果、標準感度のP波に比し分析が一層容易となった。

1. Master test 陽性群と陰性群における運動後のP波およびSTの変動について。

運動後におけるSTの虚血性下降は冠不全の診断に重要な所見である。これは冠血流量の減少に伴い、左心室の心内膜側に虚血性変化が生じたことを示す異常である。この結果、左室機能が低下し、それに伴い左室の拡張終期圧が上昇するために左心不全準備状態としての左房負荷が生じるものと考えられる。

以上のごとく考えると、運動後におけるSTの下降と左房負荷所見とは同様の傾向を示すことが推察される。

著者らの成績も Master test 陽性群が陰性群に比し、P波の異常(左房負荷: P_{II} 高値, PV_1 -TF 低値)が一層明らかであった(図2(a), (b))。しかし陽性群では安静時からすでに左房負荷所見を示している例が多く、運動後におけるP波の変動は陽性群も陰性群も同様な傾向を示した。このことは、運動後におけるSTの下降とP波の左房負荷所見の発現は必ずしも一致しておらず、Master test 陽性群でもP波が変化しない例が存在するものと考えられる。この理由として、①左心機能低下の所見としてはP波の変化の方がSTの変化より鋭敏である。②P波は左心不全の状態を、STは冠不全の状態をそれぞれ反映している、などが考えられよう。

和田¹⁰⁾は運動後におけるP波とST・Tの態度を4群に分類し、ST・Tが変化せず、P波が変化した例が全症例数の43.8%と高率を示したという。このことは、ST・T変化のみではとらえることのできないタイプの心機能低下の診断にP波が有用であると述べている。

2. 左房負荷判定基準の検討

左房負荷の判定基準には、Pの幅 ≥ 0.11 秒、 $P_{II}/PQs \geq 1.6$ および PV_1 -TF ≤ -0.04 などが用いられている。このうち Macruz Index と呼ばれている $P_{II}/PQs \geq 1.6$ の判定基準については、Morris ら²⁾、森ら¹⁴⁾によれば偽陽性率が非常に高いことを指摘している。

著者らの成績でも $P_{II}/PQs \geq 1.6$ を示した例は Master test 陽性群、陰性群ともに安静時で40%を越え、運動後では60%を示した。しかも陽性群と陰性群の間には有意差を示さなかった(表2)。

一方、 PV_1 -TF ≤ -0.04 を左房負荷の判定基準としている Morris Index では安静時で陰性群4%、陽性群20%を示し、運動直後で前者25%、後者44%となり、共に運動後に高率であった。また両群間には有意差が証明された(表2)。

以上のことから、左房負荷の判定基準には Morris ら²⁾が述べているごとく、 PV_1 -TF ≤ -0.04 の基準が最も有意と考えられる。

3. Master test 陽性群のうち治療前後で運動負荷を行った10例におけるP波とSTの変動について。

治療後のP波およびSTは治療前のそれに比し著明に改善した(図3)。これは適切な治療により冠不全が改善され、それに伴い左心不全傾向も改善したことを意味しており、P波もSTと同様、左心機能の状態を反映する有用な指標になるものと考えられる。

特に PV_1 -TF は心筋硬塞に伴う左心不全の治療経過を視察する上に有用であるとの報告もなされている³⁾⁻⁵⁾。

4. Master test 陽性例で治療経過中、運動後における PV_1 -TF および ST-V₅ が種々の変化を示した症例について。

運動後における PV_1 -TF および ST の変動は同一症例でも follow-up することにより、① PV_1 -TF および ST-V₅ ともに著明な異常(図4-A)、② PV_1 -TF は著明な、ST-V₅ は軽度な異常(図4-B)、③ PV_1 -TF は変化せず、ST-V₅ が中等度の異常(図4-C)、④ PV_1 -TF、ST-V₅ ともに変化せず(図4-D)の時期を観察しえた。このことは前述のごとく、STの下降と PV_1 -TF の左房負荷所見とは必ずしも平行しては変動しないことを示している。

以上、Master test 前後におけるSTとP波の変化とその関連性について検討した。その結果、STの異常が発現しない例でもP波の異常

を認めたり、またその逆の場合も少なからず経験したので、両者を組み合わせて用いると運動負荷による冠不全と左心不全の状態を別々に把握しうる可能性を有するものである。

これらの点については将来、観血的には心臓カテーテル法による左房圧、左室拡張終期圧お

よび左房容積との比較¹⁵⁾、非観血的には心機図法における心尖拍動図のA波率¹⁶⁾およびUCG法における左房腔の大きさとの比較¹⁷⁾などとの関連の上で検討すればより明確なアプローチが可能であると考えられる。

文 献

- 1) Macruz, R., Perloff, J. K. and Case, R. B.: A Method for the Electrocardiographic Recognition of Atrial Enlargement, *Circulation*, 17: 882—889, 1958.
- 2) Morris, J. J., Estes, E. H., Whalen, R. E., Thompson, H. K., and McIntosh, H. D.: P-Wave Analysis in Valvular Heart Disease, *Circulation*, 29: 242—252, 1964.
- 3) Grossman, J. I., and Delman, A. J.: Serial P Wave changes in acute myocardial infarction, *Am. Heart J.*, 77: 336—341, 1969.
- 4) Heikkila, J. and Luomanmaki, K.: Value of serial P Wave changes in indicating left heart failure in myocardial infarction *Brit. Heart J.*, 32: 510—517, 1970.
- 5) Kanemoto, N., Akizuki, T., Ogawa, S., Oosuzu, F. and Nakamura, Y.: P Wave in Acute Myocardial Infarction, *Jap. Heart J.*, 17: 172—179, 1976.
- 6) 大宅善衛, 大下賢龍, 岡田高秋, 柴田 卓, 竹下 勇, 日高義之, 河村 久, 森 博愛: 高利得心電図. 内科, 13: 555—561, 1964.
- 7) 磯井 健: 拡大心電図の研究—拡大心電図と普通心電図とについての諸成分, 分析値の比較. *Jap. Circulation J.*, 33: 337—353, 1969.
- 8) 新居友夫: 拡大高速記録心電図法による僧帽弁膜症のP波に関する研究. *Jap. Circulation J.*, 39: 85—99, 1975.
- 9) 新居友夫: 拡大高速記録心電図法による僧帽弁膜症 P波の結節に関する研究. *Jap. Circulation J.*, 39: 219—230, 1975.
- 10) 和田 敬: 運動負荷とP波の変化. *日本臨床*, 30: 1648—1661, 1972.
- 11) 横山正義, 坂本敦: 運動負荷後のP波の変動. *呼吸と循環*, 21: 63—67, 1973.
- 12) Master, A. M.: The Master two-step-test, *Am. Heart J.*, 76: 809—837, 1968.
- 13) Goldman, M. J.: Principles of clinical Electrocardiography, ed. 8, Lange publ, California, 1973, P. 39.
- 14) 森 博愛, 川真田恭平: P波のみかた—新しいP波の臨床. 医学出版社, 1973, 東京, p. 12, 49.
- 15) Kasser, I. and Kennedy J. W.: The Relationship of Increased Left Atrial Volume and Pressure to Abnormal P Waves on the Electrocardiogram, *Circulation*, 39: 339—343, 1969.
- 16) 沢山俊民, 勝目 紘, 唐原 優, 鼠尾祥三: 各種心疾患における心尖拍動図“A”波と血行動態との関係. *臨床心音図*, 3: 457—464, 1973.
- 17) 沢山俊民, 唐原 優, 鼠尾祥三, 仲田清剛, 津田 司: 心エコー図, 心尖拍動図, 心電図による左房機能の検討. *臨床心音図*, 印刷中.