

心エコー図およびベクトル
心電図 P 環による左房負荷
の評価

Evaluation of left atrial
load by echocardiography
and P loop of
timed vectorcardiography

中野 佐上
藤浪 隆夫
中山 広一
林 勝彦
高田 和夫
近藤 純
岩瀬 敬紀
武内 俊彦

Sagami NAKANO
Takao FUJINAMI
Koichi NAKAYAMA
Katsuhiko HAYASHI
Kazuo TAKADA
Jun KONDO
Takanori IWASE
Toshihiko TAKEUCHI

Summary

The left atrium as an elastic reservoir and as an active booster pump to the left ventricle is an important role for maintenance of left cardiac performance. When left atrial conduction time was measured from the P loop of the timed vectorcardiography which was recorded with the VCG device equipped with memory circuit and X-Y recorder, it was apparently prolonged in patients with ischemic heart disease or hypertension as compared with healthy subjects. The left atrial conduction time was correlated with left atrial volume which estimated by echocardiogram in patients with previous myocardial infarction, while there was no relationship in hypertensive patients. From the results obtained, comparative studies of the hemodynamic difference were determined by echocardiogram in patients with hypertension, ischemic heart disease without infarction, and previous myocardial infarction. In the patients with myocardial infarction with large left atrial dimension over 33 mm, slow diastolic descent rate (DDR) of the anterior mitral valve, low left ventricular ejection fraction and slow mean posterior wall velocity were most characteristic features of echocardiographic findings. In the ischemic heart disease with large atrial dimension, DDR was as slow as in the myocardial infarction. In other words, these results indicate that enlarged left atrial volume in coronary heart diseases is attributed to the reduced velocity and volume of atrioventricular blood flow or depreciated left ventricular compliance. Prolonged left atrial conduction time in hypertensive patients without enlarged left atrial dimension, echocardiographic findings such as elevated A/E wave ratio of the anterior mitral leaflet suggest that accelerated booster pump function maintain atrioventricular blood flow against elevated systemic

名古屋市立大学医学部 第一内科
名古屋市瑞穂区瑞穂町字川澄1 (〒467)

The First Department of Internal Medicine, Nagoya
City University Medical School, Kawasumi 1, Mizuho-cho, Mizuho-ku, Nagoya, 467

Presented at the 14th Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Tokyo, April 3, 1977
Received for publication May 2, 1977

resistance.

These results show that prolonged left atrial conduction time of impulse represents volume load to the left atrium due to reduced left ventricular compliance in patients with coronary heart diseases, and also indicate hypertrophy of the left atrium to enhance booster pump function to overcome pressure load in hypertensive heart disease.

Key words

Left atrial dimension Left atrial load P loop (VCG)

はじめに

左心房は左心室に対して elastic reservoir および booster pump としての役割をなしており、左心室機能の前負荷として重要である。高血圧症のように、afterload に対する左心室の変化が左心房に及ぼす影響と、虚血性心疾患のように心筋障害が及ぼすそれとは差異があると想像される。教室の近藤、藤浪ら^{1,2)}はすでに timed VCG の P 環の研究より、高血圧症、虚血性心疾患では左心房内刺激伝導時間が正常者に比べ有意に延長し、陳旧性心筋梗塞例では左心房容積と正相関を示すのに対し、高血圧症例では相関を認めないことを報告している。今回我々は高血圧症と非梗塞性虚血性心疾患、および陳旧性心筋梗塞の左心房に及ぼす血行動態の差異を見る目的で、UCG を用いて検討した。

対象および方法

当院外来通院中で、収縮期血圧 160 mmHg 以上、拡張期血圧 95 mmHg 以上のいずれか一方、または両方を示す 25~70 歳、平均 48.5 歳の高血圧症例 (以下 HT) 25 名、狭心痛の既往を有し、安静時または運動負荷時の ECG に虚血性変化を示す 25~75 歳、平均 53.6 歳の非梗塞性虚血性心疾患例 (以下 IHD) 25 名、既往が明らかで ECG に梗塞パターンを示す 42~74 歳、平均 57.6 歳の陳旧性心筋梗塞例 (以下 INF) 28 名を選び、心疾患の存在を認めず、ECG にも異常のない 20~57 歳、平均 30.2 歳の健常例 (以下 NOR) 35 名を対照とした。

Frank 誘導 timed VCG-P 環はメモリ・ペン書きベクトル心電計³⁾と、X-Y レコーダを用い、40 mm/mV, 400 dots/sec, stored time 0.64 sec, readout time 80 sec, paper speed 120

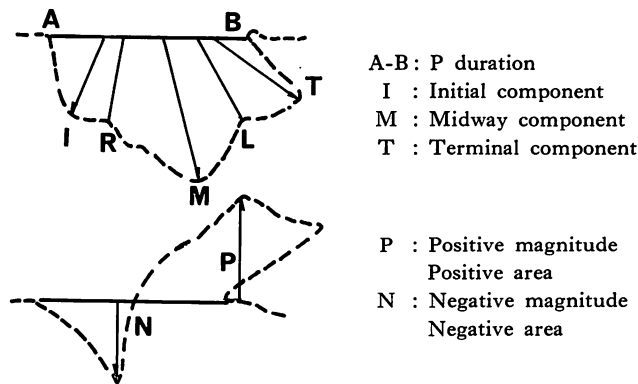


Fig. 1. Analysis methods of P loop in timed vectorcardiogram.

Interval between R-B and L-B is supposed to be impulse conduction time of the left atrium.

mm/min, real time speed 240 mm/sec の条件で記録した。Timed P loop は通常三峰に分離するので、前、中、後成分とし、P 環の開始点を A, おおのの頂点を I, M, T 変曲点を R, L, 終末点を B と名づけ、各点間の伝導時間を計測した (Fig. 1)。

UCG は 2.25 MHz, 直径 1.2 cm の平面探触子を用い、東芝製 Sonocardiograph SSL-51U および Oscillopaper Recorder OR-01A に連結し、ECG 第 II 誘導および PCG とともに毎秒 50 mm の paper speed で記録した。被検者を仰臥位とし、胸骨左縁第 3 ないし第 4 肋間より beam を投入させた。まず、僧帽弁前尖エコーをとらせ、その振幅の最大部で僧帽弁前尖弁後退速度 (以下 DDR), 僧帽弁前尖 A・E 波高比 (以下 A/E) を測定した。つぎに beam を右上方に移動し大動脈前後壁, 大動脈弁, 左心房後壁を同時にとらえることのできる位置で大動脈径 (以下 AoD), 左心房径 (以下 LAD)⁴⁾, 左心房大動脈径比 (以下 LAD/AoD)⁵⁾ を求めた。ついで、僧帽弁エコーが見えかくれし、心室中隔と左室後壁の心内膜, 心外膜エコーを同時に記録できる部位を選び、心電図 R 波に一致した部で左室拡張末期径 (以下 LVDd) を、心音図 II 音に一致した部で左室収縮末期径 (以下 LVDs) を、また左室後壁の収縮期最大振幅 (以下 PWE), 平均左室後壁収縮速度 (以下 mPWV), 左室駆出分画 (以下 EF) を計測した⁶⁾。

結 果

P 環の R-B interval, L-B interval は左心房内刺激伝導時間を示すと考えられ⁷⁾, HT, IHD, INF はいずれも NOR に比し有意な延長を示したが、L-B interval のほうがより顕著であった²⁾。Timed VCG-P 環の水平面での L-B interval と UCG の LAD³ をプロットすると、INF では $r=0.88$ と高い正相関を示すのに対し (Fig. 2), HT, IHD では LAD の小さなものにも伝導時間の延長を示すものが多く相関はみられなかった

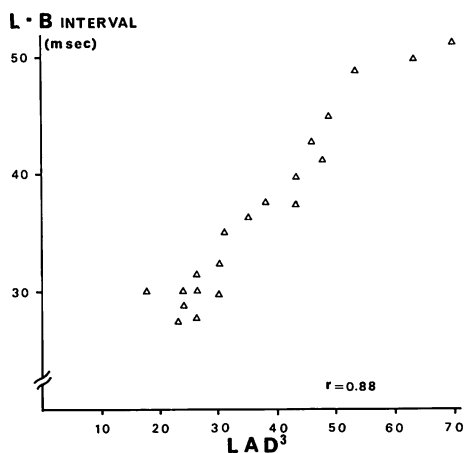


Fig. 2. Correlation between the left atrial conduction time (L-B) and left atrial volume estimated with echocardiogram in patients with previous myocardial infarction.

Apparent correlation is observed ($r=0.88$). LAD: left atrial dimension.

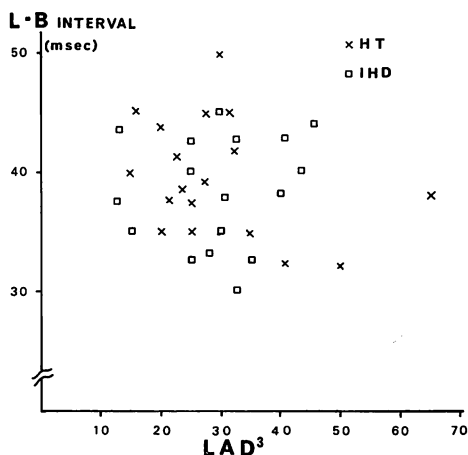


Fig. 3. Relation of the left atrial conduction time (L-B interval) and the left atrial volume. No significant correlation is found in patients with hypertension (HT) and ischemic heart disease without previous myocardial infarction (IHD).

(Fig. 3). これは左心房負荷様式の疾患による差異の表現と考えられる。各群の UCG 諸計測値を比較すると、LAD, LAD/AoD は INF,

Table 1. Mean value of the echocardiographic analysis

Pa-tient	LAD		LAD/AOD		DDR	A/E	PWE	mPWV	LVDd	LVDs	EF
	mm				mm/sec		mm	mm/sec	mm	mm	
NOR n=35	28.3±4.0	1.02±0.19	90.8±17.7	0.66±0.08	12.0±1.90	44.6±6.40	47.7±6.70	33.6±4.70	0.63 ±0.08		
HT n=25	32.2 ±6.20 **	1.11±0.28	61.3 ±16.60 ***	0.76±0.13 ***	11.1±2.30	39.7±8.40	50.0±5.80	37.5±5.60 **	0.58 ±0.08 *		
IHD n=25	34.1±5.30 ***	1.17±0.24 **	64.6±18.6 ***	0.76±0.08 ***	11.9±1.90	38.7±7.70 *	51.6±6.00 *	38.5±7.10 **	0.58 ±0.11 *		
INF n=28	34.3±7.30 ***	1.17±0.26 **	64.5 ±18.60 ***	0.79±0.12 ***	10.0±1.95 ***	33.2±7.60 ***	51.8±7.90 *	42.3±8.20 ***	0.46 ±0.10 ***		

***p<0.01 **p<0.05 *p<0.1

Statistical differences between the cardiac patients (HT: hypertension, IHD: ischemic heart disease, INF: myocardial infarction) and healthy subjects (NOR) is shown with stars.

LAD: left atrial dimension, AOD: aortic dimension, A/E: A and E wave ratio, PWE: posterior wall excursion, mPWV: mean posterior wall velocity, LVDd and LVDs: diastolic and systolic left ventricular dimensions, EF: ejection fraction.

IHD, HT の順に大きな傾向を示し, IHD, INF では NOR との間に $p<0.05$ の有意差を認めた. DDR, A/E は各疾患群とも NOR との間に $p<0.01$ の有意差を示したが疾患群間の差はなかった. PWE, mPWV は HT, IHD では低下傾向を認め, INF では $p<0.01$ で有意な低値を示した. LVDd では HT, IHD, INF の順で次第に拡大する傾向はあるが有意差はなく, LVDs は HT と IHD に $p<0.05$ と同程度の, INF で $p<0.01$ と有意な差を認めた. EF は INF で著明な低下を示し, HT, IHD でも低下傾向を見た (Table 1).

つぎにどのような因子が左心房容積に影響を与えるかどうかをみる目的で DDR, A/E, mPWV, EF を縦軸に, LAD を横軸にとり, 各計測値との関連を検討した. 一般に, DDR の大きなものに LAD は小さく, LAD の大きなものに DDR の小さい傾向を示し, $r=-0.38$ ではあるが逆相関を認めた (Fig. 4). A/E と LAD に相関はなく, UCG 上 A/E に表現される atrial systole^{8,9)} は左心房容積の大小とは関連の少ないことを示唆する所見を得た (Fig. 5). mPWV, EF とは $r=$

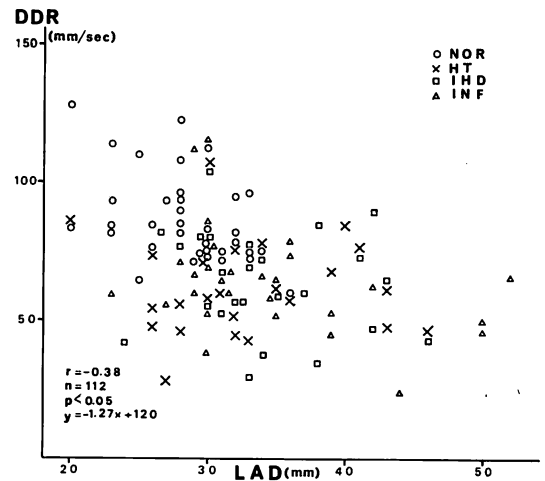


Fig. 4. Relation of the left atrial dimension (LAD) and diastolic descent rate (DDR) in healthy subjects (NOR), hypertension (HT), ischemic heart disease (IHD) and myocardial infarction (INF).

Weak but apparent correlation is observed.

$-0.31, r=-0.35$ で弱い逆相関を示し, 左心室の収縮力の低下も左心房容積の増大をもたらす結果を得た (Fig. 6-A, B).

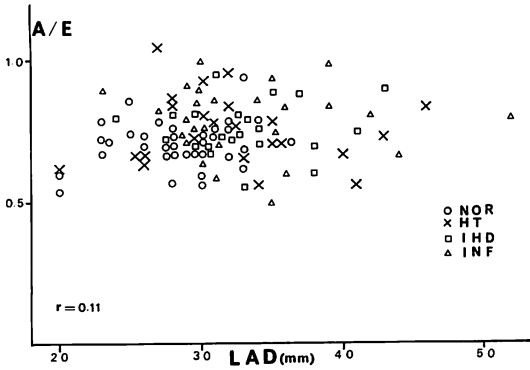


Fig. 5. Relation of the left atrial dimension and A/E wave ratio.

No significant correlation is found.

NOR: healthy subjects, HT: hypertension, IHD: ischemic heart disease, INF: myocardial infarction.

つぎに、各疾患群の中にも LAD の大きなものと小さなものがあることに着目し、NOR の LAD 値の mean+1 SD が 32.3 mm であることより各群を LAD<33.0 mm の S 群、LAD ≥33.0 mm の L 群に分けて疾患群別に比較した (Fig. 7). DDR は、HT では S, L 群に差を認

めず、IHD, INF で LAD の大きなものに遅い傾向をみた。A/E は各疾患群とも NOR より高いが、IHD, INF には S, L 群間の差はなく、HT では S 群のそれがより高く、L 群との間に p<0.05 の有意差を認めた。mPWV は IHD では S, L 群間にほとんど差はなく、INF, HT では L 群で遅い傾向を認め、HT の L 群と S 群の間に p<0.05 の有意差を示した。LVDd, LVDs は HT, INF で L 群に大きな傾向を得た。EF は INF のみに差を認めた。mPWV, LVDd, LVDs を疾患群別にながめると、HT の S 群は NOR に近く、HT の L 群、IHD の S, L 群、INF の S 群は近似しており、INF の L 群はより離れた異常値を示した。

考 察

中山、藤浪ら^{10,11)} は、拡大心電図 PV₁-terminal force が高血圧症、虚血性心疾患では同年代の健常者と比べても有意に大きかったことを認め、左心房容積の小さなうちは左室拡張末期圧と相関し、左心房容積が大きくなると左心房容積と相関することを述べている。このことから P 波と左心房

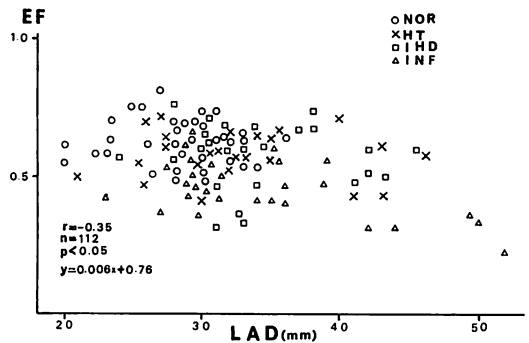
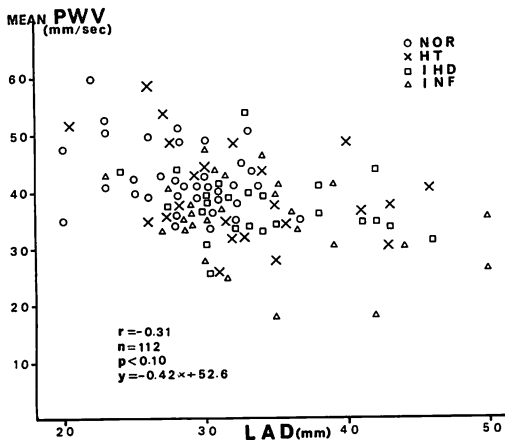


Fig. 6. Correlation between the left atrial dimension (LAD) and mean posterior wall velocity (MEAN PWV) of the left ventricle and ejection fraction (EF).

NOR: healthy subjects, HT: hypertension, IHD: ischemic heart disease, INF: myocardial infarction.

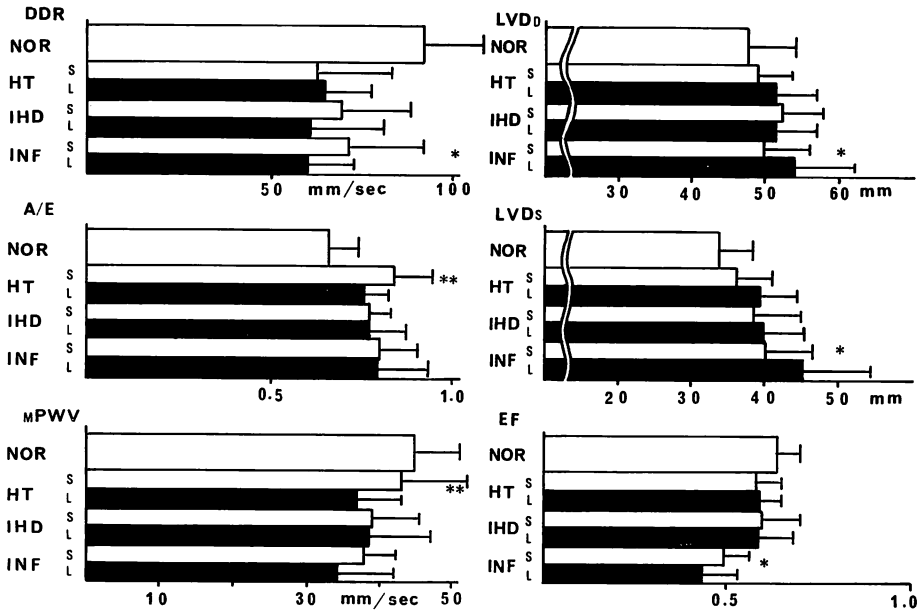


Fig. 7. Mean value of the echocardiogram analysis when the cardiac diseases groups are subdivided into small atrial dimension less than 33 mm (S) and large atrial dimension more than 33 mm (L).

Statistical significant difference between the S and L is shown with star. * $p < 0.1$, ** $p < 0.05$.

の容積変化との関連をさらに検討する目的で、VCG-P 環を用いた。

今回用いた timed VCG は, Selvester ら¹²⁾により提唱され, 通常の VCG, とくに P 環では刻時点の密集や重なりによって解析が困難な場合にも, time-phase relationship の判別が容易である。Timed VCG-P 環から求められた左心房内刺激伝導時間の延長は何らかの形の左心房負荷を表現していると思われる。僧帽弁前尖エコーは房室間の血行動態をよく表現しており, DDR は急速流入期の血液流入速度, 血液流入量あるいは左心室の拡張期コンプライアンスに影響され¹³⁾, A/E は左心房の能動的収縮, すなわち atrial systole あるいは booster pump function を表現するもの^{8,9)}と考える。

Atrial systole は健常者の安静時では房室間血液流入量の 20% 前後をにない^{14~16)}, 心疾患, 運動負荷および頻脈にさいし, その割合が増加す

る^{15,17~19)}。Grant らは atrial systole は total atrial work の 2~39% にあたり, 左室肥大を有する症例が一番高値を示したことを報告している¹⁶⁾。また, 左心房の booster pump function は左室拡張末期容積, 拡張末期圧を上昇させ左室心筋線維を伸展せしめることにより, Starling 効果での駆出量増加を計る重要な役割をもつ^{14,18~21)}。

今回の疾患群では A/E は健常者より大きく, 高血圧症では左心房容積の小さなものでも変化がみられることは外来通院可能な, 心機能分類 I 度, II 度の疾患群では左心機能の代償に booster pump function が重要であることを示している。一方, 左心房容積は DDR, mPWV, EF などとの間に相関を示し, 左室の拡張期コンプライアンスや収縮能により, 影響されると考える。INF の場合の左心房内伝導時間の延長は LAD と密に関係しており, DDR, mPWV の遅れや EF

の低下で示される, 心筋収縮力の低下や左室コンプライアンスの低下に基づく左心房容積負荷の表現と考える。

IHD の LAD による分類では, DDR に差を認めたのみであるが, 左室拡大や EF の程度が同じでも房室間の血液流入速度, 流入量および左室コンプライアンスの変化がすでに左心房容積の差として表現されていることを示唆する所見と考える。HT では LAD の小さなものは LVDd, LVDs, mPWV, EF など NOR に近いが, DDR はすでに遅い。しかし, A/E が有意に上昇していることは左心房の booster pump function の亢進を示しており, HT における左心房内伝導時間の延長はおもに左心房の圧負荷に対する反応, すなわち左心房肥大の表現と考えたい。

今回我々は健常者, 高血圧症, 非梗塞性虚血性心疾患, 陳旧性心筋梗塞に分けて検討したが, 各疾患群の各病態期で, かなり overlap があると思われる, 血行動態上で左心房のおかれる立場はすべて clear cut に分離できるものではない。また今回は僧帽弁前尖の動きから房室間血行動態を検討したが, 弁そのものの硬化や, 心房を elastic reservoir と考えたときの心房筋自体の器質的变化に基づく左心房コンプライアンスの変化によってもかなり影響されるものと思われる, 今後はこの点も加味して左室拡張期の計測値とともに検討を加えたい。以上 timed VCG-P 環および UCG を対比することにより, 左室機能と左房負荷様式を解析した。

要 約

左心房は左心室に対し elastic reservoir, および booster pump としての役割をなしている。Timed VCG-P 環から高血圧症, 虚血性心疾患で, 左心房内刺激伝導時間は正常者に比べて延長し, 陳旧性心筋梗塞では左心房容積と正相関を示すのに対し, 高血圧症では相関を認めなかった。このことから, UCG を用いて高血圧症, 非梗塞性虚血性心疾患および陳旧性心筋梗塞の左心房に

及ぼす血行動態の差異を比較検討した。左心房容積は房室間血液流入速度, 血流量や左室の拡張期コンプライアンス, および収縮能に影響され, 陳旧性心筋梗塞例では左心房の大きなものは僧帽弁後退速度, 左室駆出分画および平均左室後壁収縮速度の低下を認めた。

非梗塞性虚血性心疾患では僧帽弁後退速度の遅いものに左心房拡大を認め, 房室間血流速度や左室コンプライアンスの低下が, 左心房容積の増大をもたらす結果を得た。高血圧症は左室後負荷に対して, 左心房容積の増加が見られない時期から左心房の能動的収縮の亢進による房室間血流量の補足がなされている。すなわち, 虚血性心疾患の左心房内刺激伝導時間の延長は左心房の容積負荷を, 高血圧症のそれは左心房の圧負荷に対する反応, 左心房肥大を表現しているものと考ええる。

文 献

- 1) 近藤 純, 藤浪隆夫, 中野佐上, 中山広一, 佐久間長彦, 高田和夫, 横井順一, 武内俊彦, 高羽祥三, 高阪好充, 岸田捷美: Timed vectorcardiography による P 環の検討. 第 40 回日本循環器学会総会発表, 1976
- 2) 近藤 純, 藤浪隆夫, 中野佐上, 中山広一, 佐久間長彦, 高田和夫, 横井順一, 岡本光弘, 武内俊彦, 高羽祥三, 岸田捷美, 高阪好充: 心房内刺激伝導時間と左心房容積の検討—Timed vectorcardiogram による P 環の研究. 第 41 回日本循環器学会総会, 1977
- 3) 高羽祥三, 岸田捷美, 高阪好充, 藤浪隆夫, 中野佐上, 中山広一, 佐久間長彦, 高田和夫, 近藤 純: メモリ・ペン書きベクトル心電計の開発と臨床応用に関する研究. 第 1 回日本心臓ベクトル会議抄録: 67-70, 1975
- 4) Hirata T, Wolfe SB, Popp RL, Helmen CH, Feigenbaum H: Estimation of left atrial size using ultrasound. *Amer Heart J* 78: 43-52, 1969
- 5) Brown OR, Harrison DC, Popp RL: An improved method for echographic detection of left atrial enlargement. *Circulation* 50: 58-64, 1974
- 6) 町井 潔編: 心臓の超音波検査法—UCG 入門—第 2 版, 中外医学社, 東京, 1974
- 7) 森 博愛, 仁木敏晴, 日浅芳一, 村山善紀: 心房波—その最近の知見—. *クリニカ* 3: 187-196, 1976
- 8) 松田光正, 高橋久子, 斉藤忠徳, 赤塚宣治, 松崎中, 山口 徹, 梅田 徹, 町井 潔: UCG, 心音図

- による左心機能の解析. 心筋梗塞における僧帽弁エコーグラムと奔馬音. 臨床心音図 **3**: 161, 1972
- 9) Zaky A, Steinmts E, Feigenbaum H: Role of atrium in closure of mitral valve in man. *Amer J Physiol* **214**: 1652, 1969.
 - 10) 中山広一, 藤浪隆夫, 岡戸洪太, 中野佐上, 樋口禮治, 佐久間長彦, 林 勝彦: 脈波および心電図P波の加齢による影響について. 脈波 **5**: 141-144, 1974
 - 11) 中山広一, 藤浪隆夫, 中野佐上, 樋口礼治, 林 勝彦, 高田和夫, 近藤 純, 武内俊彦, 高羽祥三, 高阪好充, 岸田捷美: 虚血性心疾患における心電図P波の臨床的意義について. 第40回日本循環器学会総会, 1976
 - 12) Selvester RH, Haywood LJ, Griggs DE: The timed vectorcardiogram: A useful clinical tool (as applied to the study of 1,500 subjects). *Dis Chest* **47**: 170-178, 1965
 - 13) DeMaria AN, Miller RR, Amsterdam EA, Markson W, Mason DT: Mitral valve early diastolic closing velocity in the echocardiogram: Relation to sequential diastolic flow and ventricular compliance. *Amer J Cardiol* **37**: 693-700, 1976
 - 14) Rahimtoola SH, Ehsani A, Sinno MZ, Loeb HS, Osen KM, Gunnar RM: Left atrial transport function in myocardial infarction—importance of its booster pump function. *Amer J Med* **59**: 686-694, 1975
 - 15) Nolan SP, Dixon SH, Fisher RD, Morrow AG: The influence of atrial contraction and mitral valve mechanics on ventricular filling. A study of instantaneous mitral valve flow in vivo. *Amer Heart J* **77**: 784-791, 1969
 - 16) Grant C, Bunnell IL, Greene DG: The reservoir function of the left atrium during ventricular systole. An angiocardigraphic study of atrial stroke volume and work. *Amer J Med* **37**: 36-43, 1964
 - 17) Benchimol A: Significance of the contribution of atrial systole to cardiac function in man. *Amer J Cardiol* **23**: 568-571, 1969
 - 18) Mitchell JH, Gupta DN, Payne RM: Influence of atrial systole on effective ventricular stroke volume. *Circul Res* **17**: 11-18, 1965
 - 19) Ruskin J, McHale PA, Harley A, Greenfield JC: Pressure-flow studies in man: Effect of atrial systole on left ventricular function. *J Clin Invest* **49**: 472-478, 1970
 - 20) Linden RJ, Mitchel JH: Relation between left ventricular diastolic pressure and myocardial segment length and observations on the contribution of atrial systole. *Circul Res* **8**: 1092-1099, 1960
 - 21) Mitchel JH, Gilmore JP, Sarnoff SJ: The transport function of the atrium. Factors influencing the relation between mean left atrial pressure and left ventricular enddiastolic pressure. *Amer J Cardiol* **10**: 237-247, 1962