

心電図同期心プールシンチ  
グラフィーによる前収縮期  
における左室充満の評価

Effects of atrial contribu-  
tion on the two-beat left  
ventricular volume curve  
obtained by ECG-gated  
radionuclide angiocar-  
diography

近藤 武  
菱田 仁  
根岸 幸男  
金子 堅三  
加藤 善久  
高亀 良治  
桐山 卓三  
水野 康  
竹内 昭\*  
小池 潔\*\*

Takeshi KONDO  
Hitoshi HISHIDA  
Yukio NEGISHI  
Kenzo KANEKO  
Yoshihisa KATO  
Yoshiharu KOGAME  
Takuzo KIRIYAMA  
Yasushi MIZUNO  
Akira TAKEUCHI\*  
Kiyoshi KOIKE\*\*

**Summary**

The late diastolic phase of left ventricular volume curve (LVVC) constructed with conventional list mode ECG-gated equilibrium radionuclide angiocardiology (RNA) is distorted and unreliable, whenever a minimal variation of R-R interval is present.

The purpose of this report is to estimate the effect of atrial contribution on the ventricular filling in patients (pts) with various heart diseases using list mode ECG-gated equilibrium RNA and "two-beat left ventricular volume curve" ("two-beat LVVC") constructed with a new compiling method.

Conventional ECG-gated equilibrium RNA was performed in the craniocaudal LAO projection after intravenous injection of 20mCi of <sup>99m</sup>Tc-human serum albumin in seven normal subjects (N), 33 pts with myocardial infarction (MI), 14 pts with hypertension (HT), five pts with congestive cardiomyopathy (COCM) and six pts with hypertrophic cardiomyopathy (HCM). Image data for every 10 msec segment in each cardiac cycle was stored in a computer in list mode. Left ventricular and

名古屋保健衛生大学医学部 内科

\*同 放射線科

豊明市沓掛町田楽ヶ窪 1-98 (〒470-11)

\*\*日立メディコ柏工場システム設計部

Departments of Internal Medicine and \*Radiology,  
Fujita Gakuen University, School of Medicine, Den-  
gakugakubo 1-98, Kutsukake, Toyoake 470-11

\*\*Hitachi Medico

Presented at the 23rd Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Kurume, October 8-10, 1981

Received for publication December 7, 1981

background regions of interest (ROI) were semi-automatically (70%ROI) drawn on the end-diastolic image. Then, each cardiac cycle was divided into 20 msec segments in two different ways, i.e., backward and forward from R wave, and two LVVC's were constructed and connected to make the "two-beat LVVC". The late diastolic phase of the "two-beat LVVC" was considered reliable and suitable for the study of the atrial contribution. To estimate atrial contribution, an increment of counts after the beginning of P wave divided by counts corresponding to stroke volume (A(P)/SV) was calculated. If a late diastolic notch was found on the "two-beat LVVC", the notch was used as the beginning of atrial contraction, and A(N)/SV was calculated, although the notch was not found in 20 percent of all subjects. The rate of change of left ventricular volume (dV/dt) was obtained from this "two-beat LVVC", and dV/dt was corrected by counts corresponding to stroke volume. The maximum early diastolic dV/dt (DdV/dt), which occurred during left ventricular rapid filling, and the maximum late diastolic dV/dt (AdV/dt), which occurred during atrial contraction, were calculated.

The A(P)/SV was well correlated with A(N)/SV ( $r=0.94$ ,  $p<0.001$ ) and with A(N)/SV (cine) by contrast cineventriculography ( $r=0.76$ ,  $p<0.01$ ), respectively. The A(P)/SV in pts with MI ( $32.9 \pm 16.1\%$ ,  $p<0.01$ ) and with COCM ( $43.0 \pm 11.5\%$ ,  $p<0.001$ ) were significantly higher than in N ( $15.4 \pm 7.7\%$ ). There was a significant correlation ( $r=-0.76$ ,  $p=0.01$ ) between EF and A(P)/SV in pts with EF less than 50%.

Since AdV/dt was significantly correlated with A(P)/SV ( $r=0.84$ ,  $p<0.001$ ), AdV/dt showed changes similar to A(P)/SV in various heart diseases. In the group of HT and HCM, there was a significant correlation ( $r=-0.64$ ,  $p<0.005$ ) between AdV/dt and DdV/dt.

In conclusion, these results suggested that the A(P)/SV and the AdV/dt derived from "two-beat LVVC", which was constructed using list mode ECG-gated equilibrium RNA and a new compiling method, may become a useful noninvasive parameter for the assessment of atrial contribution to left ventricular filling.

#### Key words

Atrial contribution  
curve

ECG-gated radionuclide angiocardiology

Two-beat left ventricular volume

## はじめに

心電図同期心プールシンチグラフィ（心プールシンチ）は、数百心拍を分割加算することにより、精度の高い情報を臨床家に提供するが、期外収縮や心房細動などのように R-R 時間の異なる症例に適用した場合、その情報の信頼性は低くなる。したがって心プールシンチより得られる左室容量曲線も、不整脈が存在する例では歪められてしまい、信頼性は低下する。ことに拡張後期における左室容量曲線は、僅かな洞性不整脈によってもその精度は著しく低下する<sup>1)</sup>。そこでこの心電図同期心プールシンチの欠陥を解決するために、新しいデータの編集方法を開発し、2心拍左室容量曲線を作成し、臨床例に適用して、各種心疾患にお

ける心房収縮期の左室充満の様相について検討した。

## 対 象

対象は正常者7例、1ヵ月以上を経過した陳旧性心筋梗塞33例、本態性高血圧症14例、うっ血型心筋症5例、肥大型心筋症6例の計65例で、心プールシンチより得られたデータの信頼性を確かめるために、この対象内で左室造影を施行した心筋梗塞2例、肥大型心筋症2例と、この対象以外で左室造影と心プールシンチを施行した労作性狭心症6例、心臓神経症1例についても検討を行った。なおこれらの症例は全例洞調律であった (Table 1)。

Table 1. Patient selection

	No.	Age	Mean±SD
Normal	7	22—33	24.1± 3.9
MI	33	40—83	64.7±12.0
HT	14	37—79	52.2±18.2
COCM	5	44—65	53.0± 8.2
HCM	6	31—78	50.5±18.2
Total	65	22—83	56.51±7.2

MI=myocardial infarction; HT=hypertension; COCM=congestive cardiomyopathy; HCM=hyper-trophic cardiomyopathy.

## 方 法

### 1. 心プールシンチ

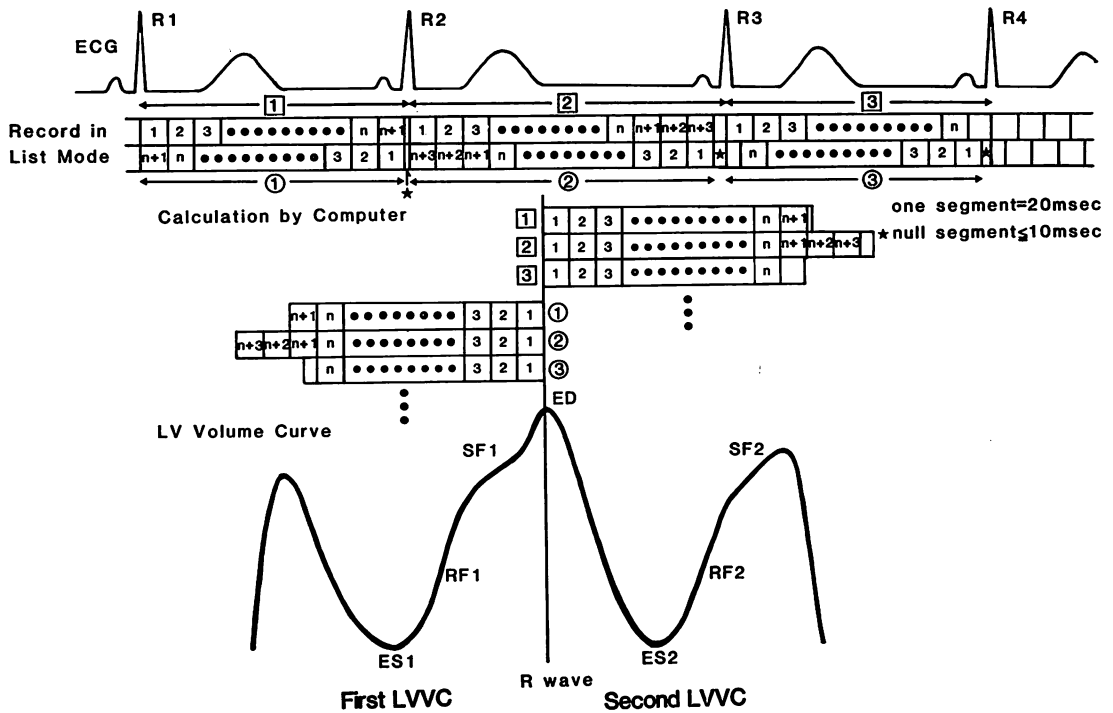
心プールシンチは 37,000ホールのパラレルコリメーターを装着した日立製 $\gamma$ カメラ (RC-1C 1635 LD) と、同社製核医学データ処理装置 EDR-4200 を使用した。被検者に  $^{99m}\text{Tc}$  アルブミン約 20 mCi を静注し、アイソトープが平衡状態に達してから、被検者を仰臥位として、 $\gamma$ カメラを被検者に対して足方  $15^\circ$  左前斜位  $45^\circ$  (modified LAO = MLAO) の方向になるようにセットし、心電図同期法により、リストモードで心電図 R 波 (R) より 10 msec ごとに time flag を入れ、約 300 心拍のデータをコンピューターに入力した。拡張末期の画像で左室の最大カウントの 70% 以上の領域を左室の関心領域 (ROI) とし、その外側にバックグラウンド算出のための ROI も設定して、左室容量曲線を作成した。このさい、このデータを従来の方法で R から後方へ 20 msec ごとに分割加算し、1つの左室容量曲線 (第2左室容量曲線) を得た。ついで1心拍の最後の segment で 10 msec に満たないものを削除し、R から前方へ 20 msec ごとに分割加算を行って、もう1つの左室容量曲線 (第1左室容量曲線) を得、この2つの曲線を R の時相で結合して、2心拍左室容量曲線を作成した。

Fig. 1 にこの2心拍左室容量曲線の必要な理由

と、編集法の説明図を示す。R-R 時間の僅かに異なる3心拍を R から後方 (右方) へ 20 msec ごとに分割したものが ① ② ③ で、これを R を基準に加算すると、1 から n までの時相ではおのおの 3 segment を加算できるが、n+1 の時相では ① と ② の2つの segment と ③ の 20 msec に満たない segment を加算することになり、n+2 の時相では ② の1つの segment と ① の数 msec の segment を加算することになる。さらに n+3 の時相では ② の1つの segment しか加算しないことになり、結局加算 segment の減少により拡張後期の時相では基準の R の時相、すなわち収縮早期のカウントにまでもどらずにカウントが著しく減少してしまい、実際の左室容量を反映していない。したがって従来の左室容量曲線では、心房収縮期における左室充満の検討は不可能である。そこで R から前方 (左方) へ分割加算を行った。

まず time flag の間隔が 10 msec にも満たない心拍の最後の segment を null segment として削除し、①, ②, ③ のように、R より前方へ 20 msec ごとの segment に分割し、R を基準として、すなわち拡張末期を揃えて、それより前方へ加算し、新しい左室容量曲線を得た。この編集方法では通常編集方法とは逆に、拡張後期の時相で加算 segment 数の減少がなく、信頼性が高いと思われた。この新しい左室容量曲線と従来の左室容量曲線を R の時相で結合して、2心拍左室容量曲線を作成した。

Fig. 2 に示すように第1左室容量曲線上の拡張後期の時相で左房収縮による notch が認められる場合は、2心拍左室容量曲線上の最大カウントと notch でのカウントの差を  $A(N)$  とし、この2心拍左室容量曲線上の最大カウントと第2左室容量曲線上の最小カウントとの差、すなわち一回拍出量に相当する値を SV とし  $A(N)/SV$  を算出した。また全例の 20% の症例で拡張後期の明確な notch を認めなかったため、2心拍左室容量曲線上の最大カウントと、同時に記録した心電図 P 波の開始点におけるカウントとの差を



19 Fig. 1. Schematic explanation of the "two-beat left ventricular volume curve".  
 Image data for every 10 msec segment in each cardiac cycle are stored in a computer in list mode. Each cardiac cycle is divided into 20 msec segments in two different ways, i.e., backward and forward from R wave, and two LVVC's are constructed and connected to make a "two-beat LVVC". The late diastolic phase of the "two-beat LVVC" is considered reliable and suitable for the study of the atrial contribution.  
 ES=end-systolic phase; RF=rapid filling phase; SF=slow filling phase; ED=end-diastolic phase; LVVC=left ventricular volume curve.

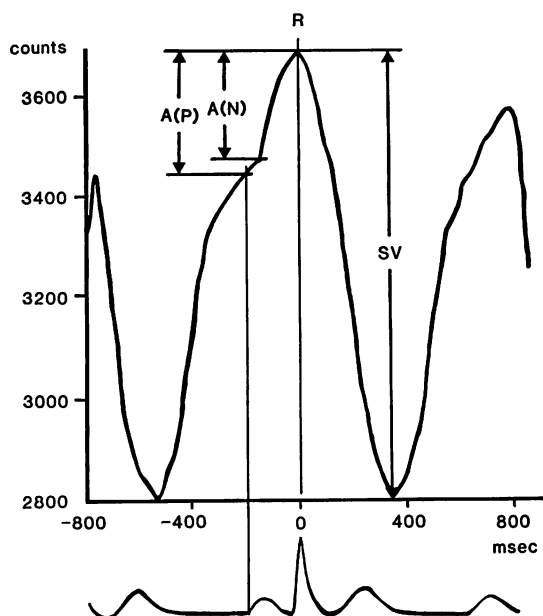
A(P) として,  $A(P)/SV$  も求めた. なお心電図記録は紙送り速度 50 mm/sec で行い, PR 時間は 5 心拍の平均値とした.

Fig. 3 に正常者の, Fig. 4 にうっ血型心筋症例の 2 心拍左室容量曲線の実例と  $A(P)/SV$  値を示す. さらにこの第 1 および第 2 左室容量曲線について 3 点法による数値微分を行うことにより, 第 1 および第 2 左室容量変化率曲線を得て, これらを SV で除して補正し, 第 1 左室容量変化率曲線上の心房収縮期における最大左室容量変化率を  $A \, dV/dt$  とした. また, 第 2 左室容量変化率曲線上の急速流入期における最大左室容量変化率

を  $D \, dV/dt$  とした. 左室駆出率 (EF) は第 2 左室容量曲線より求めた.

## 2. Cineventriculography

X 線発生装置として米国ピッカー製 UJ-5UA-208WD, X 線映像装置として日立製 ZIP-S9D, 35 mm シネカメラとしてアリテクノ 35 を装着した同社製 U アーム・シネアンジオシステムを用い, 右前斜位  $30^\circ$  で 60 コマ/sec で撮影した. そのフィルムを Vangurd 製 viewer XR-35 で映写し, 収縮末期像, 拡張末期像, および心房収縮による急速な左室拡張の開始点での左室内腔辺縁をトレースし, メンネン・グレートパッチ製カテ



$$A/SV(\%) = A \text{ counts} / SV \text{ counts} \times 100$$

Fig. 2.  $A(P)/SV$  and  $A(N)/SV$  determined by the "two-beat LVVC".

To estimate the atrial contribution, an increment of counts after the beginning of P wave divided by counts corresponding to stroke volume ( $A(P)/SV$ ) is calculated. If a late diastolic notch is found on the "two-beat LVVC", the notch was used as the beginning of atrial contraction, and  $A(N)/SV$  is calculated, although the notch is not found in 20 percent of subjects.

LVVC=left ventricular volume curve.

ラボシステム MCC-6000 を用い, area-length 法<sup>2)</sup>と Kennedy の regression equation<sup>3)</sup> によって左室容量を算出し, 左室一回拍出量 (SV(cine)) および左室拡張末期容量と, 心房収縮による急速な左室拡張の開始点での左室容量との差を  $A(N)$  (cine) として求め, これを  $SV(cine)$  で除して  $A(N)/SV(cine)$  を算出した.

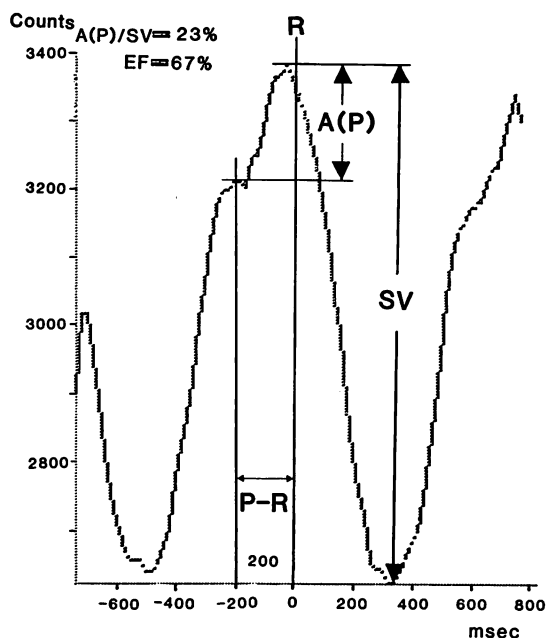


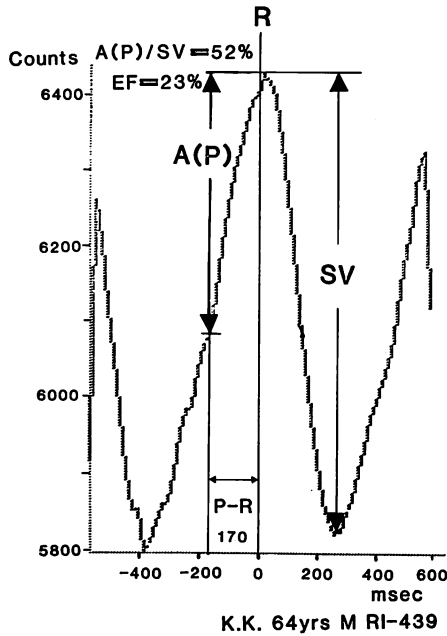
Fig. 3. "Two-beat LVVC" in a normal subject.

$A(P)/SV$  is 23 percent and EF is 67 percent.  
SV=stroke volume.

## 結 果

1. 第1左室容量曲線の収縮早期および第2左室容量曲線の拡張後期の信頼性

Fig. 5 は2心拍左室容量曲線における第1左室容量曲線の収縮早期における peak (ESP=early systolic peak) と, 第2左室容量曲線の拡張後期における peak (LDP=late diastolic peak) の信頼性について検討したものである. 当然であるが, トリガーの R から遠く離れた時相では左室容量曲線の信頼性は低くなり, ESP は  $SV$  の  $65.1 \pm 19.5\%$  であり, LDP は  $91.9 \pm 8.1\%$  であった. すなわち, 従来之心プールシンチより得られる第2左室容量曲線の拡張後期における容量は,  $SV$  の約8% だけ過小評価されているといえる. また第1左室容量曲線の収縮早期での信頼性はさらに



**Fig. 4. "Two-beat LVVC" in a patient with congestive cardiomyopathy.**

The late diastolic notch is not found on this LVVC. A(P)/SV is 52 percent and EF is 23 percent. SV=stroke volume.

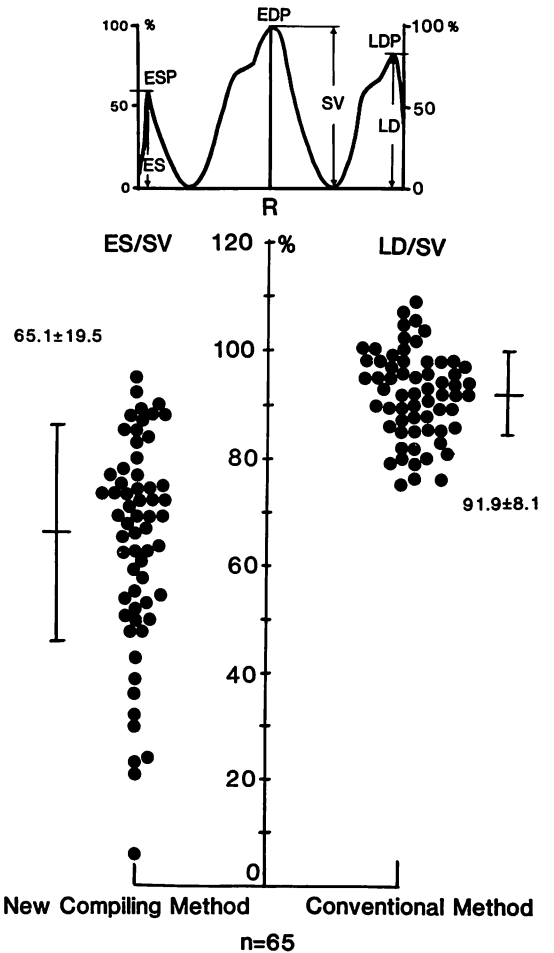
低かった。

2. A(P)/SV の信頼性

65 例中 52 例 (80%) において第 1 左室容量曲線の拡張後期に左房収縮による notch を認め、これらの症例において A(P)/SV と A(N)/SV との間に有意 ( $p < 0.001$ ) な正相関 ( $r = 0.94$ ) を認めた (Fig. 6)。また cineventriculography を施行した 11 例において A(P)/SV は cineventriculography から得られた A(N)/SV(cine) と有意 ( $p < 0.01$ ) な正相関 ( $r = 0.76$ ) を認め (Fig. 7), A(P)/SV が左室充満に対する心房の寄与の程度をよく反映していることが確かめられた。

3. 各種心疾患における A(P)/SV

正常者群 7 例における A(P)/SV は  $15.4 \pm 7.7\%$  (平均値  $\pm$  標準偏差), 心筋梗塞群 33 例では  $32.9 \pm 16.2\%$  で、正常者群に比して有意 ( $p < 0.01$ ) に高



**Fig. 5. Reliability of early systolic peak (ESP) of first LVVC (new compiling method) and late diastolic peak (LDP) of second LVVC (conventional method) in patients with sinus rhythm.**

ES=counts of early systolic peak; LD=counts of late diastolic peak; SV=stroke volume; EDP=end-diastolic peak.

値を示した。またうっ血型心筋症群 5 例でも A(P)/SV は  $43.0 \pm 11.5\%$  で正常群に比して有意 ( $p < 0.001$ ) に高値を示したが、本態性高血圧群 14 例では  $20.4 \pm 5.0\%$ , 肥大型心筋症群 6 例では  $21.8 \pm 10.6\%$  であり、正常者群との間に有意な差は認められなかった (Fig. 8)。心不全を有すると思わ

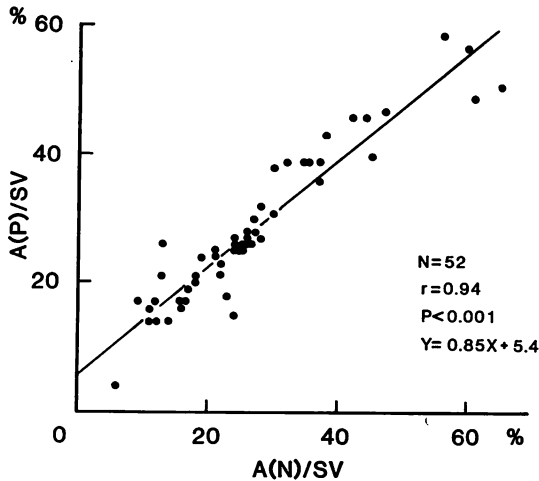


Fig. 6. Correlation between A(N)/SV and A(P)/SV.

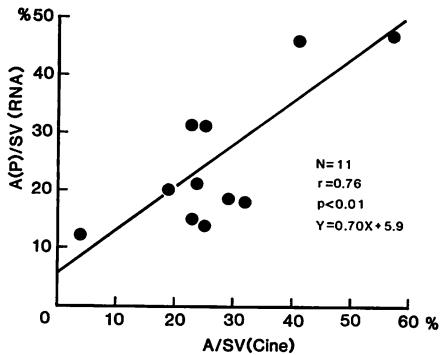


Fig. 7. Correlation between A/SV (cine) and A(P)/SV (RNA).

Cine=cineventriculography; RNA=radionuclide angiocardiography.

れる EF 50% 以下の症例 19 例において、EF と A(P)/SV は有意 ( $p < 0.01$ ) な負の相関 ( $r = -0.76$ ) を示した (Fig. 9).

#### 4. AdV/dt について

A dV/dt は A(P)/SV と有意 ( $p < 0.001$ ) な正の相関 ( $r = 0.84$ ) を示し (Fig. 10), 心房の寄与の程度が増大している症例ほど、心房収縮期における最大左室充満速度が速いという結果であっ

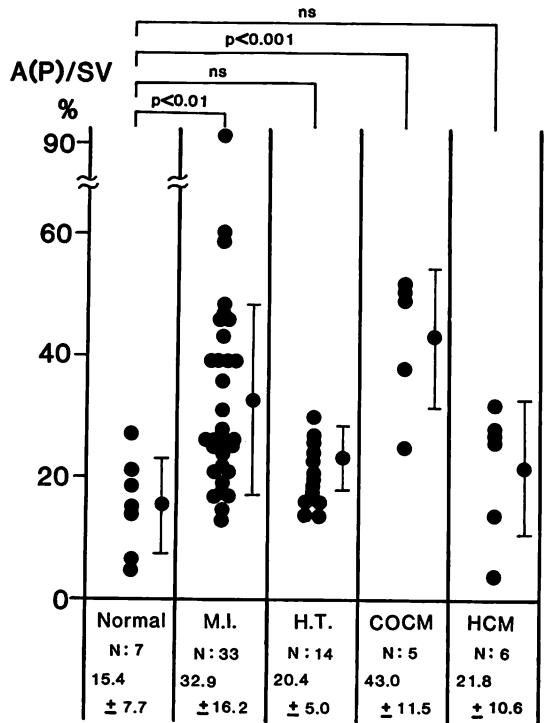
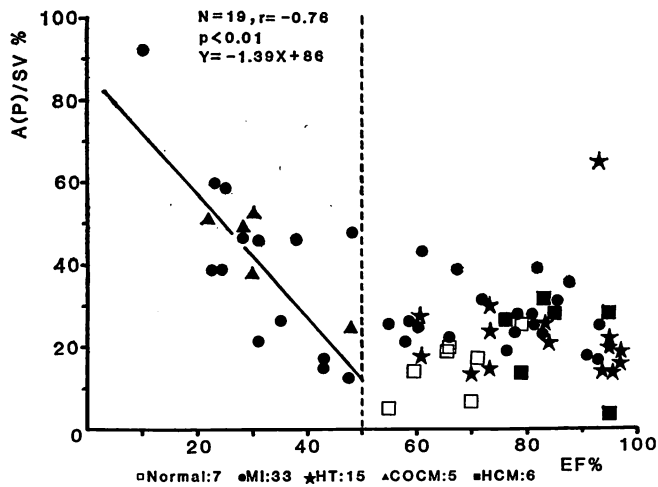


Fig. 8. A(P)/SV in patients with various heart diseases.

MI=myocardial infarction; HT=hypertension; COCM=congestive cardiomyopathy; HCM=hyper-trophic cardiomyopathy.

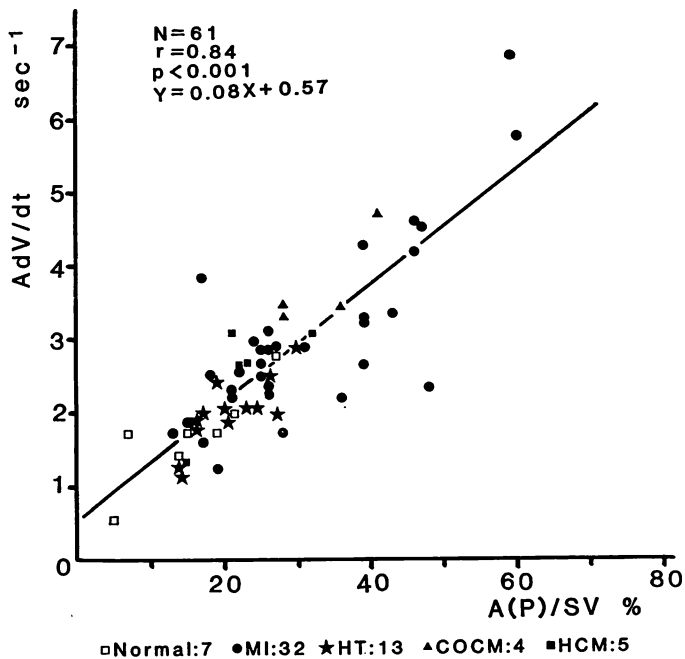
た。この結果から当然のことではあるが、各種心疾患における A dV/dt は A(P)/SV と同様の傾向を示した (Fig. 11)。すなわち、正常者群の A dV/dt は  $1.7 \pm 0.7/\text{sec}$  で、心筋梗塞群では  $3.0 \pm 1.2/\text{sec}$  であり、正常者群に比して有意 ( $p < 0.005$ ) に高値を示した。また、うっ血型心筋症群では  $3.7 \pm 0.7/\text{sec}$  でやはり正常群に比して有意 ( $p < 0.001$ ) に高値を示した。しかし本態性高血圧症群では A dV/dt は  $2.0 \pm 0.5/\text{sec}$ 、肥大型心筋症群では  $2.6 \pm 0.7/\text{sec}$  であり、正常者群との間に有意な差は認められなかった (Fig. 11)。A dV/dt は A(P)/SV と同様、心不全が存在すると思われる EF 50% 以下の症例 61 例において、有意 ( $p < 0.005$ ) な負の相関 ( $r = 0.64$ ) を認め (Fig. 12),



**Fig. 9. Correlation between EF and A(P)/SV.**

There is a significant correlation ( $r=-0.76$ ,  $p<0.01$ ) between EF and A(P)/SV in patients with EF less than 50 percent.

MI=myocardial infarction; HT=hypertension; COCM=congestive cardiomyopathy; HCM=hypertrophic cardiomyopathy; SV=stroke volume.



**Fig. 10. Correlation between A(P)/SV and AdV/dt.**

MI=myocardial infarction; HT=hypertension; COCM=congestive cardiomyopathy; HCM=hypertrophic cardiomyopathy.



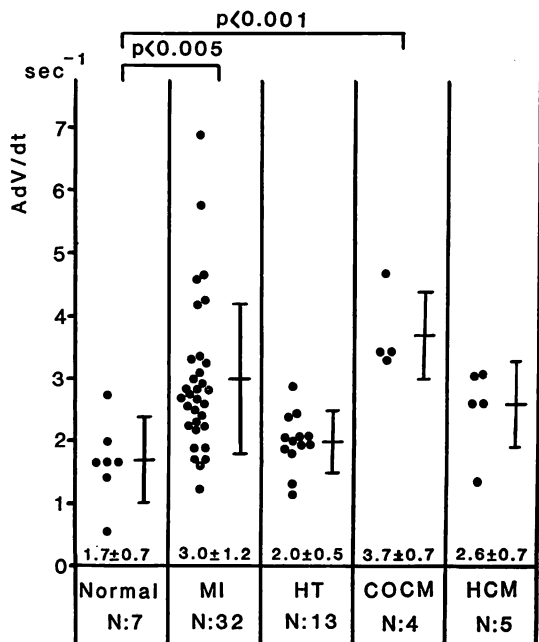


Fig. 11. AdV/dt in patients with various heart diseases.

MI=myocardial infarction; HT=hypertension; COCM=congestive cardiomyopathy; HCM=hypertrophic cardiomyopathy.

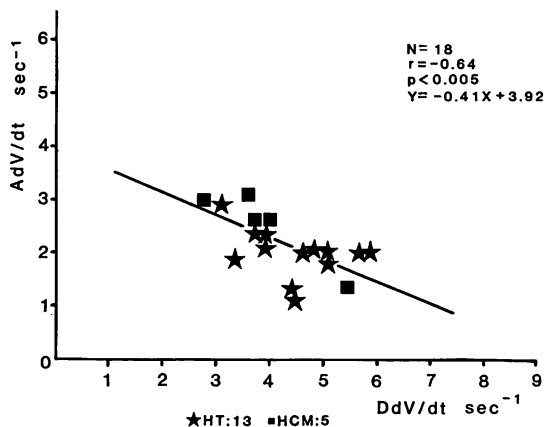


Fig. 13. Correlation between DdV/dt and AdV/dt in the group of patients with hypertension (HT) and hypertrophic cardiomyopathy (HCM).

There is a significant correlation ( $r = -0.64$ ,  $p < 0.005$ ) between AdV/dt and DdV/dt.

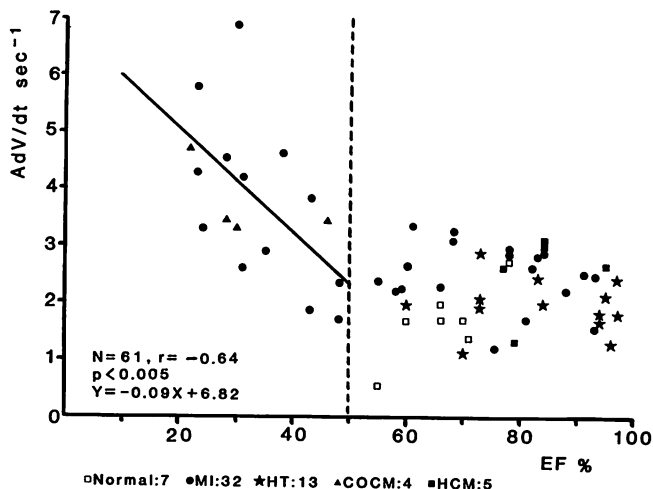
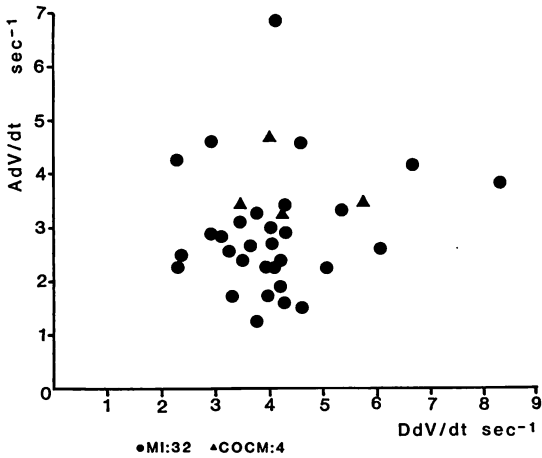


Fig. 12. Correlation between EF and AdV/dt.

There is a significant correlation ( $r = -0.64$ ,  $p < 0.005$ ) between EF and AdV/dt in patients with EF less than 50 percent.

MI=myocardial infarction; HT=hypertension; COCM=congestive cardiomyopathy; HCM=hypertrophic cardiomyopathy.



**Fig. 14. Correlation between DdV/dt and AdV/dt in the group of patients with myocardial infarction (MI) and congestive cardiomyopathy (CCM).**

There is no significant correlation between DdV/dt and AdV/dt in this group.

心不全の程度が重い症例ほど心房収縮期における最大左室充満速度が速いという結果であった。

左室壁の肥大を特徴とする本態性高血圧症 13 例と肥大型心筋症 5 例の D dV/dt と A dV/dt は有意 ( $p < 0.005$ ) な負の相関 ( $r = 0.64$ ) を示し (Fig. 13), 肥大心において, 急速流入期における最大左室充満速度が低下している症例では, 心房収縮期における最大左室充満速度が増大しているという結果であった。しかし心筋梗塞およびうっ血型心筋症ではそのような関係は認められなかった (Fig. 14)。

## 考 案

### 1. 方法について

左室拡張期充満を検討する方法としては, 観血的な左室造影法<sup>4)</sup>, 左心カテーテル法<sup>5-9)</sup>などがあるが, 老人や重症者, 正常者などについて施行する場合には困難を伴うことが多く, 繰り返して行うことも難しい。また左室造影法では造影剤を強制的に左室へ注入するため, 本来の左室拡張期充

満とは異なった状況を観察している可能性もある。さらにカテーテルによる人工的大動脈弁閉鎖不全も起こり得るので, その点にも注意を要する。また心筋梗塞などのように asynergy の存在する場合, 左室造影から area-length 法で左室容量を算出することは, 必ずしも好ましい方法とは思えない。M モード心エコー図は非観血的な良い方法であるが<sup>10-13)</sup>, 一部の左室壁運動から左室全体の拡張期動態を検索することには問題がある。M モード心エコー図上の僧帽弁運動から左室全体の拡張期動態を検索する試みもあるが<sup>10,11,14)</sup>, 僧帽弁およびその支持組織の性状による影響を考慮しなければならない。断層心エコー図でも M モード心エコー図と同様, 左室の全体を画面上に表わすことは比較的困難であり, しかも断層面が真の長軸面もしくは短軸面をとらえているか否かも疑問の多いところである。超音波ドプラー法により僧帽弁口部の流速を計測し, 左室拡張期充満を検討する試みもあるが<sup>15)</sup>, この方法では sample volume が小さいこと, 弁口部における sampling の位置により流速が異なる可能性があること, 僧帽弁口面積を正確に知る必要があること, 現在まだ流速の絶対値を測定できないことなどに問題がある。

これらに対して心プールシンチは非観血的方法であり, しかも比較的簡単に左室全体の画像を得ることができる。また  $\gamma$  線のカウンタで左室容量を推測するため, 原理的には asynergy の影響はないと考えられ, 我々はこのような利点を利用して, 心プールシンチにより急速流入期の左室充満を検討し, すでに報告しているが<sup>1)</sup>, 類似の研究は他にはまだ少ない<sup>16,17)</sup>。

リストモード心電図同期心プールシンチによる左室容量曲線は, 急速流入期における信頼性は比較的高いが, 拡張後期の信頼性は僅かに R-R 時間が異なっても著しく低下する<sup>1)</sup>。そこで拡張後期の信頼性を高めるために新しいデータの編集法を考案し, 2 心拍左室容量曲線を作成した。この方法では時間分解能において拡張末期で 10 msec

以内の誤差を生じ得るが、従来の方法に比して拡張後期の信頼性は著しく向上し、心房収縮期における左室充満の検討が可能となった。またこの2心拍左室容量曲線はデータの編集方法を一部変更、追加するだけで作成可能である。

核医学検査では常に background が問題となるが、今回用いた指標  $A(P)/SV$  および  $A(N)/SV$  の  $A(P)$ ,  $A(N)$  および  $SV$  は background を差し引くことなく得られる値であり、 $D dV/dt$ ,  $A dV/dt$  も左室容量曲線を微分して得られるため background の影響を受けない。また  $D dV/dt$ ,  $A dV/dt$  は両方とも  $SV$  で除して補正したので、どの程度の容量変化が単位時間(秒)あたりに起こっているかを  $SV$  に対する割合で評価していることになり、 $A(N)/SV$  や  $A(P)/SV$  との関連においても比較しやすい。したがって本研究においては EF のみが background の影響を受ける指標であった。

$A(N)/SV$  は  $SV$  に対する左房の寄与の程度を反映するものと考えられるが、イメージ上で左房の一部もしくは全体が左室の ROI 内に含まれる場合、この指標は左房寄与の程度を過小評価する可能性があり、本研究では左室を左房および右室から最も分離できると思われる方向、すなわち MLAO projection を用いた。

2心拍左室容量曲線の拡張後期の時相で、左房収縮による明確な notch を認めなかった症例が全例の 20% を占めたので、心電図 P 波の開始点を心房収縮の開始点と仮定して  $A(P)/SV$  を算出したが、心房収縮の開始点は電気的興奮の開始点より僅かに遅れているはずであり、 $A(P)/SV$  は左房の寄与の程度を過大評価する可能性はある。Notch を認めた症例において  $A(P)/SV$  と  $A(N)/SV$  との間に高度の正相関 ( $r=0.94$ ,  $p<0.001$ ) を認め、しかも  $A(P)/SV$  は cineventriculography より得られた  $A(N)/SV(\text{cine})$  とも比較的高い正相関 ( $r=0.76$ ,  $p<0.01$ ) を認めたので本研究では全例に適用できる  $A(P)/SV$  を採用した。なお  $A(P)/SV$  と cineventriculography より求めた

$A(N)/SV(\text{cine})$  の間に高い相関が認められなかったのは、対象者として asynergy を有する心筋梗塞例も含まれており、これも一因と考えられる。

## 2. 各種心疾患における $A(P)/SV$

Hammermeister ら<sup>4)</sup>は cineventriculography により、左室一回拍出量に対する左房の寄与の程度を %  $SV \bar{c} 'a'$  として測定しているが、彼らの報告によれば %  $SV \bar{c} 'a'$  は正常者群で  $21 \pm 7\%$ 、虚血性心疾患群で  $33 \pm 12\%$ 、うっ血型心筋症で  $19 \pm 9\%$  であり、虚血性心疾患群は正常群に比して有意に高値を示している。また Sakurai ら<sup>18)</sup>は ECG-gated radiocardiography により同様に心房の寄与の程度を  $c/b$  として測定しているが、彼らの報告では  $c/b$  は正常者群で  $16.1 \pm 5.0\%$ 、高血圧群で  $26.5 \pm 8.0\%$  ( $p<0.001$ )、虚血性心疾患群で  $37.5 \pm 7.7\%$  ( $p<0.001$ )、肥大型心筋症で  $18.6 \pm 7.5\%$  (n.s.) であり、今回の我々の  $A(P)/SV$  の結果と若干の相違を認めた。Sakurai ら<sup>18)</sup>の方法はレノグラム用のディテクターを使用しており、彼らも指摘しているとおり、右室の影響を除外できない。また従来の編集方法とほぼ同じであるため、拡張後期の信頼性は低く R-R 時間がほとんど一定の症例にしか適用できなかったであろうと考えられる。また拡張後期の左房収縮による notch が認められなかった場合、一律に R から 200 msec 前の時点左房収縮の開始点と仮定しており、PR 時間の個人差を考慮していない点にも問題があると思われる。

EF と  $A(P)/SV$  との関係についても検討したが、心不全が存在すると思われる EF 50% 以下の症例では、EF と  $A(P)/SV$  との間に負の相関 ( $r=-0.76$ ) を認めた。左心不全が起こった場合、心拍数の増加と左室拡張末期容量の増加によって心拍出量が維持されるが、心房の寄与の増大も起こり、左心機能を代償していると考えられる。

## 3. $A dV/dt$ について

$A dV/dt$  と  $A(P)/SV$  との間に  $r=0.84$  の比較的高い相関を認めたが、Hammermeister ら<sup>4)</sup>の心房収縮期における最大左室充満速度 ( $dV/dt \bar{c}$

‘a’) は絶対値として算出されているため, 我々の結果と単純には比較できなかった。A dV/dt は A(P)/SV と比較的高い相関を示したので, 各種心疾患における A dV/dt も A(P)/dt と同様の傾向であり, 心不全が存在すると思われる EF 50% 以下の症例では EF と A dV/dt は有意な負の相関を認めた。すなわち心不全のある症例では, 心房収縮期における最大左室充満速度が速かった。

本態性高血圧症および特発性肥大型心筋症のように左室壁の肥厚を特徴とする疾患群では, 急速流入期における最大左室充満速度 D dV/dt と心房収縮期における最大左室充満速度 A dV/dt との間に有意な負の相関を認めたが (Fig. 13), 心筋梗塞, うっ血型心筋症の群では相関を認めなかった (Fig. 14)。D dV/dt に関係する因子は 1) 左室自身の recoil による拡張<sup>19)</sup>, 2) 左房-左室の圧較差, 3) 左室壁のコンプライアンス, 4) 僧帽弁口面積などであると考えられる。そして A dV/dt は 2), 3), 4) とさらに 5) 左房自身の収縮力が関係すると思われる。

この研究では僧帽弁疾患は対象から除外しているので, 僧帽弁口面積は一応除外できる。一般に肥大型心および心筋梗塞では左室壁のコンプライアンスが低下するとされている<sup>5,6,9)</sup>。心肥大を特徴とする本態性高血圧症と特発性肥大型心筋症では, このコンプライアンスの低下による急速流入期の左室充満の障害を, 左房収縮によって代償しているかのごとく思われる。しかし心筋梗塞およびうっ血型心筋症群では, 左房心筋の虚血もしくは変性および線維化が存在して, 急速流入期の左室充満の障害を左房が代償し得ない例があるのかもしれない。また心不全では急速流入の障害とは別に左室拡張末期圧が上昇するので, 左房圧も上昇し, これが左房収縮を強めるとも考えられる。

## 結 語

正常者 (N) 群 7 例, 陳旧性心筋梗塞 (MI) 群 33 例, 本態性高血圧症 (HT) 群 14 例, うっ血型心筋症 (COCM) 群 6 例を対象としてリストモー

ド心電図同期心プールシンチグラフィにより, 拡張後期時相における左室充満について検討することを目的として, 2 心拍左室容量曲線を作成した。この 2 心拍左室容量曲線より得られた A(P)/SV は N:  $15.4 \pm 7.7$ , MI:  $32.9 \pm 16.2$  ( $p < 0.01$ ), HT:  $20.4 \pm 5.0$ , COCM:  $43.0 \pm 11.5$  ( $p < 0.001$ ), HCM:  $21.8 \pm 10.6\%$  であり, 心不全を有すると思われる EF 50% 以下の症例では EF と A(P)/SV は有意 ( $p < 0.01$ ) な負の相関 ( $r = -0.76$ ) を示した。また A dV/dt は A(P)/SV と有意 ( $p < 0.001$ ) な正相関 ( $r = 0.84$ ) を示し, 各疾患においても A(P)/SV と同様の傾向を示した。肥大を特徴とする HT と HCM 群では A dV/dt は D dV/dt と有意 ( $p < 0.005$ ) な負の相関 ( $r = -0.64$ ) を示した。我々が考案した 2 心拍左室容量曲線より得られる A(P)/SV, および A dV/dt は拡張後期における左室充満の評価に有用な指標であると思われた。

## 要 約

僅かな R-R 間隔の違いが存在しても, 従来のリストモード心電図同期平衡時心プールシンチグラフィ (RNA) により得られる拡張後期の左室容量曲線 (LVVC) は歪められ, 信頼性は低い。

各種心疾患における左室充満に対する心房の寄与の程度を評価することを目的として, 新しい編集法により, リストモード心電図同期平衡時 RNA から 2 心拍 LVVC を作成した。

正常者 (N) 7 例, 心筋梗塞 (MI) 33 例, 高血圧 (HT) 14 例, うっ血型心筋症 (COCM) 5 例, 肥大型心筋症 (HCM) 6 例を対象として, <sup>99m</sup>Tc-アルブミンを静注後, craniocaudal LAO projection で従来の心電図同期平衡時 RNA を行った。すべての心拍についてリストモードで 10 msec segment ごとのイメージ・データをコンピューターに入力した。拡張末期の画像で左室と background の ROI を半自動的 (70% ROI) に設定した。そしてそれぞれの心拍を 2 つの異なった方法, すなわち R 波から後方と前方へ 20 msec seg-

## 文 献

ment ごとに分割した。そして2心拍 LVVC を作成するために2つの LVVC を結合した。2心拍 LVVC の拡張後期の信頼性は高く、心房の寄与について検討するのに適していると考えられた。心房の寄与の程度を評価するために、P波の開始点より後方のカウントの増加分を1回拍出量(SV)に相当するカウントで除してA(P)/SVを算出した。もし2心拍 LVVC 上に拡張後期の notch を認めた場合は、その notch を心房収縮の開始点として用いA(N)/SVを算出した。しかし全症例の20%で notch は認められなかった。この2心拍 LVVC から左室容量変化率(dV/dt)を求め、1回拍出量に相当するカウントで補正した。急速流入期における最大左室充満速度をD dV/dtとし、心房収縮期における最大左室充満速度をA dV/dtとして算出した。

A(P)/SVはA(N)/SVおよび左室造影より求めたA(N)/SV(cine)とそれぞれ $r=0.94$ ,  $p<0.001$ および $r=0.76$ ,  $p<0.01$ と高い正相関を示した。A(P)/SVはMI群、COCM群でそれぞれ $32.9 \pm 16.1\%$ ,  $43.0 \pm 11.5\%$ であり、N群の $15.4 \pm 7.7\%$ よりもそれぞれ有意( $p<0.01$ ,  $p<0.001$ )に高値を示した。EF 50%以下の症例ではEFとA(P)/SVとの間に $r=-0.76$ の有意( $p<0.01$ )な負の相関を認めた。

ところで、A dV/dtはA(P)/SVと有意( $p<0.001$ )な正相関( $r=0.84$ )を認め、各種心疾患におけるA dV/dtはA(P)/SVと同様の傾向を示した。HTとHCMを含めた肥好心群ではA dV/dtとD dV/dtは有意( $p<0.005$ )な負の相関( $r=-0.64$ )を認めた。

これらの結果は新しい編集法により、リストモード心電図同期平衡時RNAから作成された2心拍LVVCより得られるA(P)/SVと、A dV/dtは、左室充満に対する心房の寄与の程度を評価する上に有効な非観血的指標となり得ることを示している。

- 1) 近藤 武, 菱田 仁, 金子堅三, 大橋 進, 和田正敏, 宮城 裕, 野村雅則, 岡島智志, 水野 康, 竹内 昭: 心電図同期心プールシンチグラフィによる左室充満の評価. *J Cardiography* 10: 1097-1108, 1980
- 2) Sandler H, Dodge HT: Use of single plane angiograms for the calculation of left ventricular volume in man. *Am Heart J* 75: 325-334, 1968
- 3) Kennedy JW, Trenholm SE, Kasser IS: Left ventricular volume and mass from single-plane cineangiogram. A comparison of antero-posterior with right anterior oblique methods. *Am Heart J* 80: 343-352, 1970
- 4) Hammermeister KE, Warbasse JR: The rate of changes of left ventricular volume in man. II. Diastolic events in health and disease. *Circulation* 49: 739-747, 1974
- 5) Gaasch WH, Battle WE, Oboler AA, Banas JS, Levine HJ: Left ventricular stress and compliance in man. With special reference to normalized ventricular function curves. *Circulation* 45: 746-762, 1972
- 6) Grossman W, McLaurin LP, Moos SP, Stefadouros MA, Young DT: Wall thickness and diastolic properties of the left ventricle. *Circulation* 49: 129-135, 1974
- 7) Grossman W, Stefadouros MA, McLaurin LP, Robett EL, Young DT: Quantitative assessment of left ventricular diastolic stiffness in man. *Circulation* 37: 567-574, 1973
- 8) Dodge HT, Hay RE, Sandler H: Pressure-volume characteristics of the diastolic left ventricle of man with heart disease. *Am Heart J* 64: 503, 1962
- 9) Diamond G, Forrester JS: Effects of coronary artery disease and acute myocardial infarction on left ventricular compliance in man. *Circulation* 45: 11-19, 1972
- 10) 藤井諄一, 渡辺 凜, 小山晋太郎, 加藤和三: 心エコー法による左室拡張動態の検討. *心臓* 10: 1011-1021, 1978
- 11) Fujii J, Watanabe H, Koyama S, Kato K: Echocardiographic study on diastolic posterior wall movement and left ventricular filling by disease category. *Am Heart J* 98: 144-152, 1970
- 12) Harath P, Mathey DG, Siebert R, Bleifeld W: Left ventricular relaxation and filling pattern in different form of left ventricular hypertrophy. An echocardiographic study. *Am J Cardiol* 45: 15-23, 1980

近藤, 菱田, 根岸, ほか

- 13) 千田彰一: 左室拡張動態の力学的特性に関する研究. 日内会誌 **67**: 17-26, 1978
- 14) Laniado S, Yellin E, Kother M, Levy L, Stadler J, Terdiman R: A study of the dynamic relations between the mitral valve echogram and phasic mitral flow. *Circulation* **51**: 104-113, 1976
- 15) 松尾裕英, 北島 颯, 浅井雅人, 寺尾祐輔, 三嶋正芳, 千田彰一, 島津 敬, 田中 潤: 左室流入血流パターンからみた高血圧症, 肥大型心筋症, 心筋梗塞における左室拡張機能に関する研究. *J Cardio-graphy* **10**: 697-708, 1980
- 16) Hirakawa A, Saito M, Motohara S, Matsumura T, Sakurai T, Kadota K, Yamada N, Hara A, Ogino K, Kawai C, Kuwahara M: Decreased early diastolic  $dV/dt$  in ischemic heart disease observed by ECG-gated radiocardiography. *Jpn Circulat J* **41**: 507-514, 1977
- 17) Bonow RO, Bacharach SL, Green MV, Kent KM, Rosing DR, Lipson LC, Leon MB, Epstein SE: Impaired left ventricular diastolic filling in patients with coronary artery disease: Assessment with radionuclide angiography. *Circulation* **64**: 315-323, 1981
- 18) Sakurai T: Increased atrial contribution to ventricular filling in ischemic heart disease. Non-invasive measurement by ECG-gated radiocardiography. *Jpn Circulat J* **41**: 1231-1236
- 19) Katz LN: The role played by the ventricular relaxation process in filling the ventricle. *Am J Physiol* **95**: 542, 1930