

心電図同期心プールシンチ グラフィーによる左室充満 の評価

Evaluation of left ven- tricular filling by ECG- gated cardiac blood pool scintigraphy

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*

Takeshi KONDO
Hitoshi HISHIDA
Kenzo KANEKO
Susumu OHASHI
Masatoshi WADA
Yutaka MIYAGI
Masanori NOMURA
Satoshi OKAZIMA
Yasushi MIZUNO
Akira TAKEUCHI*

Summary

The purpose of this report was to evaluate the validity of ECG-gated equilibrium cardiac blood pool scintigraphy (RI) in studying left ventricular diastolic filling.

Fifteen normal subjects as the control, 48 patients (pts) with myocardial infarction (MI), 19 pts with pure mitral stenosis (MS) and one pt with both MS and aortic regurgitation (AR) were investigated by RI. Additionally, the relationship between contrast cineventriculography of the left ventricle (LVG) and RI were studied in 7 other pts (4 MI, 1 WPW, 1 sick sinus syndrome, and 1 normal).

RI were performed in the 45° left anterior oblique positions after intravenous injection of Tc-99 m-labelled human serum albumin (15 mCi) and complete mixing throughout the vascular space. The length of the RR interval of each cardiac cycle was automatically examined, and cycles falling outside a physician-selected RR interval "window" were rejected to prevent distortion of the time-activity curve by arrhythmias. A region of interest (ROI) was drawn over the left ventricle by visual inspection. Then, the change of left ventricular volume and the rate of change of left ventricular volume (dV/dt) were obtained from this ROI. The maximum systolic and diastolic dV/dt (SdV/dt and DdV/dt) were corrected by counts corresponding to stroke volume.

Since there was a significant correlation ($r=0.65$, $p<0.002$) between the maximum dV/dt obtained by LVG and the one by RI, the maximum dV/dt obtained by RI was regarded as reliable.

DdV/dt was significantly ($p<0.001$) lower in pts with MI ($4.3\pm 0.1/\text{sec}$) than in normal subjects ($6.1\pm 0.3/\text{sec}$). This is consistent with previous studies using different methods demonstrating depressed

名古屋保健衛生大学 内科

*同 放射線科

豊明市沓掛町田楽ヶ窪 1-98 (〒470-11)

Presented at the 20th Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Nagoya, March 29-30, 1980

Received for publication May 27, 1980

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

left ventricular filling in MI. DdV/dt were 3.7 ± 0.2 /sec in pts with antero-inferior MI, 4.5 ± 0.2 /sec in pts with anterior MI, and 4.2 ± 0.3 /sec in pts with inferior MI with a significant difference between the former two ($p < 0.05$). Although pts with small anterior MI and pts with large anterior MI determined by the number of abnormal Q waves in chest leads, did not show significantly different values of DdV/dt, pts with small anterior ischemic area determined by the number of abnormal Q waves and/or ischemic ST depression showed a higher DdV/dt (5.2 ± 0.3 /sec, $p < 0.01$) than pts with large anterior ischemic area (4.0 ± 0.2 /sec).

DdV/dt was also significantly ($p < 0.001$) lower in pts with pure MS (4.4 ± 0.3 /sec) than in normal subjects as was expected. There was a significant correlation ($r = 0.73$, $p < 0.001$) between mitral valve orifice area determined by two-dimensional echocardiography and DdV/dt by RI. DdV/dt showed a high value in another pt with both MS and AR, although the mitral valve orifice area was small. A remarkable increase in DdV/dt from 3.7/sec to 6.6/sec was observed after mitral commissurotomy in one of those pts with pure MS.

These results suggest that DdV/dt by RI may become a useful noninvasive parameter for the assessment of left ventricular diastolic filling in heart diseases.

Key words

Left ventricular filling ECG-gated cardiac blood pool scintigraphy Myocardial infarction
Mitral stenosis

はじめに

種々の心疾患で左室拡張期充満の異常が認められるが、その検索には左室造影法、左心カテテル法、心エコー図法等が行われている¹⁻¹⁰⁾。左室造影法、左心カテテル法は優れた方法であるが観血的であり、心エコー図はMモード法の場合、局所壁運動の分析には優れているが全体的な左室拡張期動態を検索するためには問題が残る。Mモード心エコー図の僧帽弁運動パターンから左室充満を検索する方法もあるが^{6,7,11)}、僧帽弁狭窄症のように弁に異常の存在する場合、左室充満を知ることにはできない。

近年、急速に進歩しつつある心電図同期心臓血液プールのシンチグラフィ(以後、心プールシンチ)は、非観血的であり、左室全体の容量変化を比較的簡単に算出でき、ますます臨床応用が期待される。今回我々は、左室拡張期充満の評価における心プールシンチの有用性について検討した。

対 象

対象は 健常者 15 例, 1 ヶ月以上を経過した陳

旧性心筋梗塞症 48 例, 純僧帽弁狭窄症 19 例, 僧帽弁狭窄兼大動脈弁閉鎖不全症 1 例で、洞調律 10 例, 心房細動 8 例, 上室性期外収縮 1 例である。心プールシンチより得られるデータの信頼性を確かめるために、別の 7 例(心筋梗塞症 4 例, WPW 症候群 1 例, 洞機能不全症候群 1 例, 健常者 1 例)について心プールシンチと cineventriculography を行った (Table 1)。

方 法

1. 心プールシンチ

心プールシンチは、3700 ホールのパラレルコリメーターを装着した日立製 γ カメラ (RC-1C1635 LD) と、日立製核医学データ処理装置 EDR-4200 を使用し、^{99m}Tc アルブミン約 15 mCi を静注してアイソトープが平衡状態に達してから、左前斜位で心電図同期法によりリストモードで記録し、約 300 心拍のデータを採取した。拡張末期の画像で左室と思われる領域に manual で関心領域 (ROI) を設定し、心電図 R 波より 20 msec ごとにその ROI 内における γ 線のカウントを算出し、1:1:1 の三点平均により smoothing し

Table 1. Patient selection

| | |
|--|---------------------|
| Normal subjects | 15 |
| Mean age: 27 yrs (19~58 yrs) | |
| Myocardial infarction | 48 |
| Mean age: 59 yrs (37~85 yrs) | |
| Anterior MI | 57.4 yrs (37~74) 23 |
| Inferior MI | 56.8 yrs (41~76) 13 |
| Anterior and inferior MI | 67.3 yrs (44~81) 6 |
| High lateral MI | 60.5 yrs (59~62) 2 |
| Subendocardial MI | 70 yrs (55~85) 2 |
| Posterior MI | 52 yrs (44~60) 2 |
| Pure MS | 19 |
| Mean age: 48.5 yrs (25~63 yrs) | |
| MS+AR (23 yrs) | 1 |
| Cineventriculography and RI correlation | 7 |
| [4 MI, 1 WPW synd., 1 SSS, 1 normal; mean age: 53.6 yrs (45~66 yrs)] | |

MI=myocardial infarction; MS=mitral stenosis; AR=aortic regurgitation; RI=ECG-gated cardiac blood pool scintigraphy; WPW synd.=Wolf-Parkinson-White syndrome; SSS=sick sinus syndrome.

て左室容量曲線 (Fig. 1 左) を作成し、さらに三点法による数値微分を行って容量変化率曲線 (Fig. 1 右) を作成した。容量変化率曲線は左室容量曲線上の最大カウントと最小カウントの差、すなわち1回拍出量に相当する値で除して補正した。したがって左室容量曲線作成時に background を差し引くことは行っていない。さらにこの容量変化率曲線上の最大値を拡張期最大容量変化率 (以後、拡張期最大 dV/dt) とし、最小値を絶対値として表わし、収縮期最大容量変化率 (以後、収縮期最大 dV/dt) とした。

心房細動、期外収縮などのように RR 間隔が大きくばらつく場合、心電図 R 波から心周期内の各時相までの時間もばらつき、多数の心拍を加算して求められる心電図同期心プールシンチによる左室容量曲線は真の容量変化を表わさず、歪んでしまう可能性がある。心房細動例において、

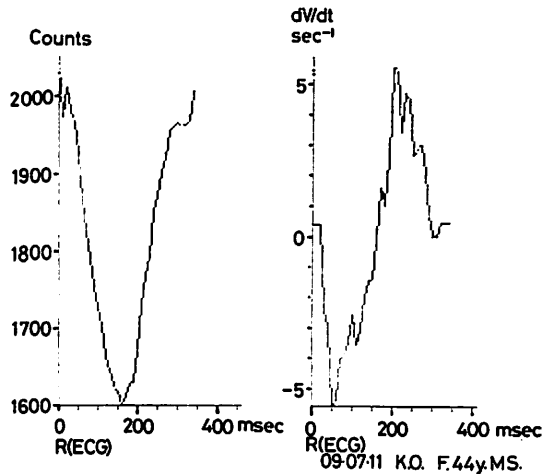


Fig. 1. Time-activity curve of the left ventricular region, which is considered to reflect well the change of left ventricular volume (left panel), and differential value (dV/dt) of time-activity curve, which is considered to demonstrate the rate of change of left ventricular volume (right panel).

MS: mitral stenosis.

300 心拍について心電図、M モード心エコー図、心音図を同時記録した我々の研究²⁾では、RR 間隔は 774 ± 200 msec (平均 \pm 標準偏差) とばらついていたが、R から II 音までの時間 (R-S₂) は 377 ± 19 msec、急速流入期の時間 (erf) は 163 ± 26 msec であり (Fig. 2)、RR 間隔がばらついても R-II と erf は比較的ばらつきが少なく、収縮期と拡張早期における左室容量曲線は比較的信頼できると思われた。そこで本研究では、不整脈が存在する例についてはさらに精度を高めるため、症例によっては医師の設定したある一定の RR 間隔幅以外の心拍は切り捨て加算せず、左室容量曲線を作成した。

2. Cineventriculography

Cineventriculography は X 線発生装置として Super M100 を備えた装置 (米国 Philips 製) を使い、35 mm シネカメラにて右前斜位で秒 30 コマで行い、Vanguard 製 viewer XR-35 で映写、

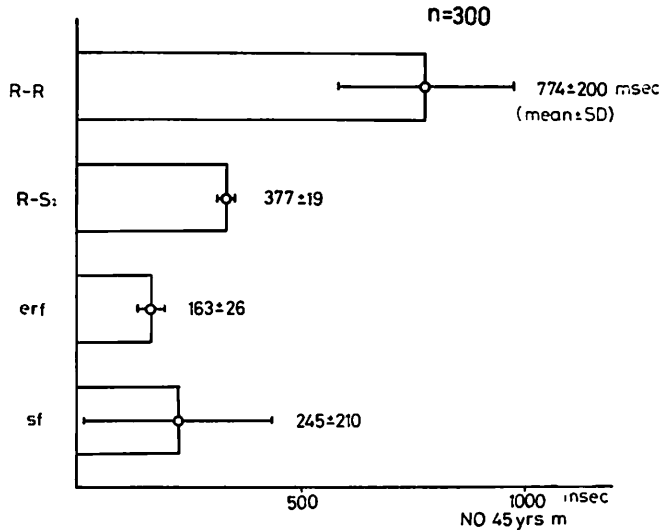


Fig. 2. Beat to beat variation of cardiac cycle in a patient with lone atrial fibrillation.

Each value is the mean (±SD) for 300 cardiac cycles.

RR=interval between two successive QRS complexes; RS₂=interval between QRS complex and the second heart sound; erf=interval between the end point of rapid filling phase identified by the left ventricular posterior wall echogram; sf=interval between the end point of rapid filling phase and following QRS complex.

この1コマごとの左室内腔辺縁をトレース, Good Man 製 Medical Graphics Analyzer System I を用いて右前斜位の画像より area-length 法¹³⁾と Kennedy の regression equation¹⁴⁾により左室容量を算出し, 隣り合う3時点の値を平均して smoothing し, 左室容量曲線を得た (Fig. 3).

この左室容量曲線の隣り合う2点の値の差を2点間の時間で除して左室容量変化率を算出し, さらに心プールシンチと同様, 1回拍出量で除して補正し, 収縮期および拡張期最大 dV/dt を算出した.

3. 心エコー図

Mモード心エコー図は ATL 製心エコー図記録装置 600B を用いて, 僧帽弁狭窄症の患者について第3もしくは第4肋間胸骨左縁より超音波ビームを投入し, 僧帽弁と左房を記録, 僧帽弁の E 波高, 弁後退速度, 最大左房径を5心拍の平均と

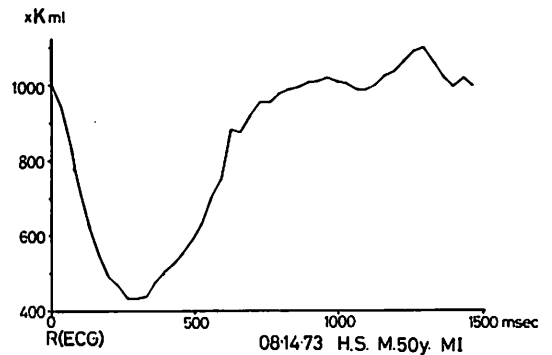


Fig. 3. Left ventricular volume curve obtained by the single-plane contrast cineventriculography.

K=constant; MI=myocardial infarction.

して求めた.

超音波心断層図は日立製 EUB-10A を用い, 第3もしくは第4肋間胸骨左縁よりビームを投入し,

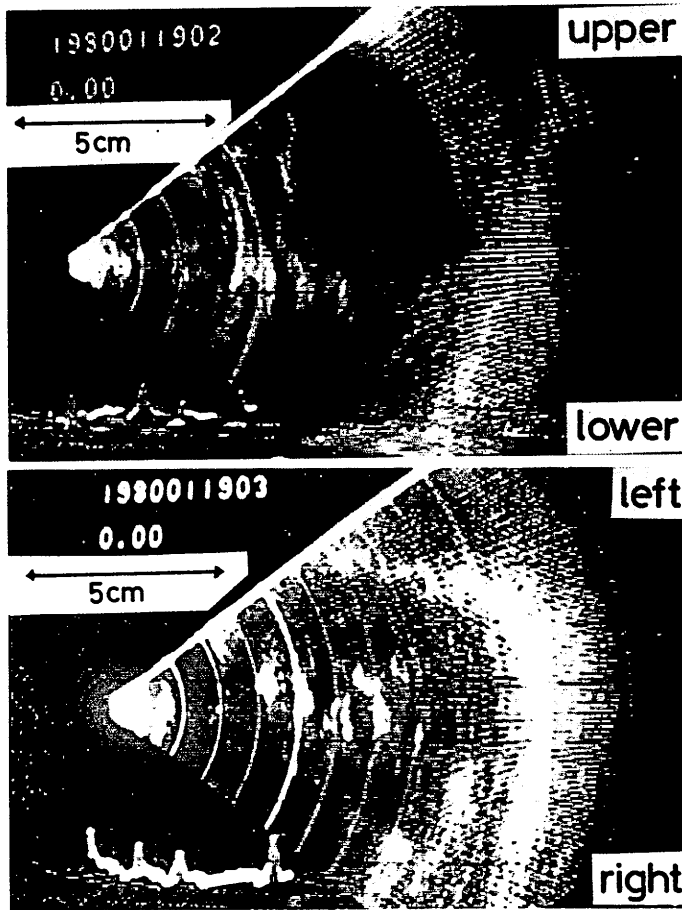


Fig. 4. Echocardiographic long-axis (upper panel) and short-axis (lower panel) sections of the mitral valve (02・18・35・8, H.N. 56F, U8045).

まず左室長軸断面 (Fig. 4 上) を得、僧帽弁先端が画面の中央にくるようにセットしてから、トランスジューサーを 90° 回転して、僧帽弁口横断面 (Fig. 4 下) を得た。この僧帽弁口横断面を日本ビクター製ビデオカセットレコーダー CR-8300 に録画し、僧帽弁最大開放と思われる時相でコマ止めを行って 35 mm フィルムに撮影、Good Man 製 Medical Graphics Analyzer System I を用いて僧帽弁口面積を算出した。

結 果

1. 心プールシンチより求めた dV/dt の信頼性

7名の患者での検討では、心プールシンチより求めた収縮期および拡張期最大 dV/dt と cine-ventriculogram より求めた収縮期および拡張期最大 dV/dt は、 $r=0.65$, $p<0.02$ の有意な正相関を示し (Fig. 5), 心プールシンチより得られる左室容量変化率の信頼性が確かめられた。

2. 心筋梗塞症例

心筋梗塞症における左室拡張期充満を検討する

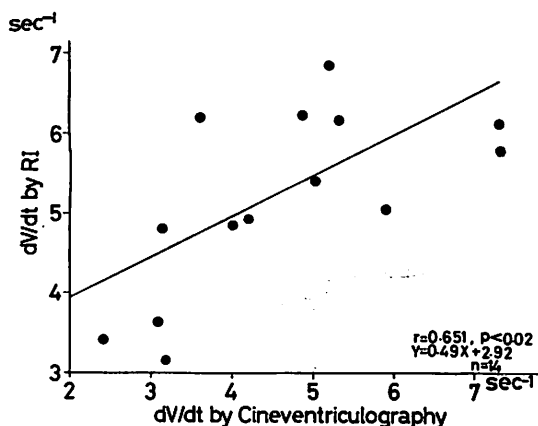


Fig. 5. Correlation between the maximum dV/dt obtained by cineventriculography and the maximum dV/dt obtained by ECG-gated cardiac blood pool scintigraphy.

ため, 正常者 15 名と心筋梗塞症 48 名について, 心プールシンチより求めた拡張期最大 dV/dt を比較した。

正常者の拡張期最大 dV/dt は $6.1 \pm 0.3/\text{sec}$ (平均土標準誤差), 一方, 心筋梗塞症では 4.3 ± 0.1 で, 心筋梗塞群で有意 ($p < 0.001$) に低値であった (Fig. 6)。すなわち, 梗塞群では左室拡張期充満に障害があると思われた。

この障害の程度と梗塞の部位との関係を調査するため, 標準 12 誘導心電図における異常 Q 波により梗塞群を前壁, 下壁, 前壁兼下壁梗塞群に分類し, それぞれの拡張期最大 dV/dt を検討した。どの部位の梗塞群も健常群に比して有意に低値を示した (前壁梗塞群: $4.5 \pm 0.2/\text{sec}$, $p < 0.001$, 下壁梗塞群: $4.2 \pm 0.3/\text{sec}$, $p < 0.001$, 前壁兼下壁梗塞群: $3.6 \pm 0.1/\text{sec}$, $p < 0.001$)。前壁梗塞群と下壁梗塞群の間, 下壁梗塞群と前壁兼下壁梗塞群との間では有意差が認められなかったが, 前壁梗塞群と前壁兼下壁梗塞群とでは, 後者で有意 ($p < 0.05$) に低値を示し (Fig. 7), 梗塞の広がり

の程度と拡張期最大 dV/dt との関係が示唆された。そこで, 前壁心筋梗塞 23 例について, 胸部誘導における異常 Q 波を示す誘導の数が 3 つ以

内か (small 群) 4 つ以上か (large 群) で, 前壁梗塞群を 2 分してみると, 拡張期最大 dV/dt は small 群では $4.8 \pm 0.3/\text{sec}$, large 群では $4.1 \pm 0.3/\text{sec}$ で, 後者で小であったが, 有意差は認められなかった (Fig. 8)。

同じ前壁梗塞 23 例について, 胸部誘導における異常 Q 波と虚血性 ST 低下, またはそのいずれかを示す誘導の数が 3 つ以内か (small 群), 4 つ以上か (large 群) により, 虚血の広がりをも加味して再度 2 分し, その拡張期最大 dV/dt についてみると, small 群では $5.2 \pm 0.3/\text{sec}$, large 群では $4.0 \pm 0.2/\text{sec}$ で, 後者で有意 ($p < 0.01$) に低値を示し (Fig. 9), 梗塞および虚血巣の広がり

傾向がうかがわれた。

3. 僧帽弁狭窄症について

左室拡張期充満に障害が存在すると考えられる僧帽弁狭窄症 19 例 (このうち 1 例は, 交連切開術の前後でデータを採取した) の拡張期最大 dV/dt は $4.4 \pm 0.3/\text{sec}$ で, 健常者に比して有意 ($p < 0.001$) に低値を示した (Fig. 10)。心プールシンチより得られた拡張期最大 dV/dt が僧帽弁狭窄症の重症度を表わしているかどうかを検討するために, 超音波心断層図より得られた僧帽弁口面積

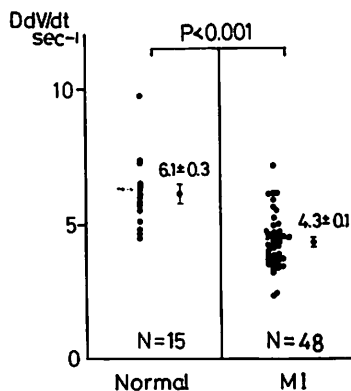


Fig. 6. Maximum diastolic dV/dt (DdV/dt) obtained by ECG-gated cardiac blood pool scintigraphy in patients with myocardial infarction (MI).

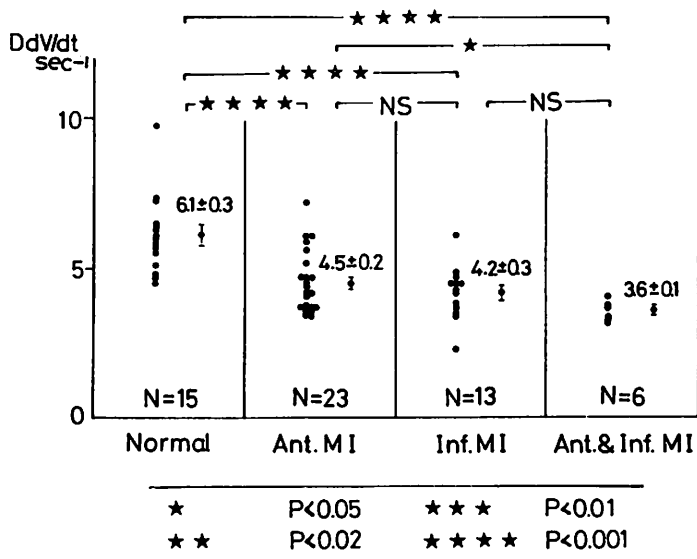


Fig. 7. Maximum diastolic dV/dt (DdV/dt) obtained by ECG-gated cardiac blood pool scintigraphy in various myocardial infarction (MI) sites.

Ant.=anterior; Inf.=inferior; Ant. & Inf.=anteroinferior.

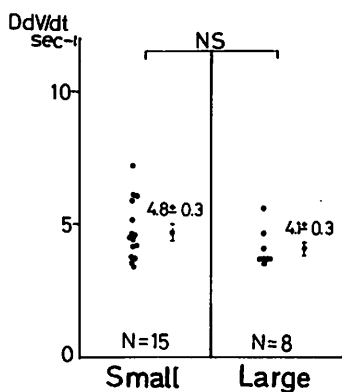


Fig. 8. Relationship between the maximum diastolic dV/dt (DdV/dt) and myocardial infarction size determined by the number of abnormal Q waves in patients with anterior myocardial infarction.

Small=the numbers of chest leads showing abnormal Q wave are less than or equal to three. Large=the numbers of chest leads showing abnormal Q wave are greater than or equal to four.

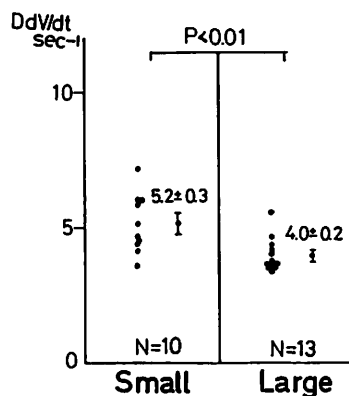


Fig. 9. Relationship between the maximum diastolic dV/dt (DdV/dt) and myocardial ischemic area determined by the number of abnormal Q waves and/or ischemic ST depressions in patients with anterior myocardial infarction.

Small=the numbers of chest leads showing abnormal Q wave and/or ischemic ST depression are less than or equal to three. Large=the numbers of chest leads showing abnormal Q wave and/or ischemic ST depression are greater than or equal to four.

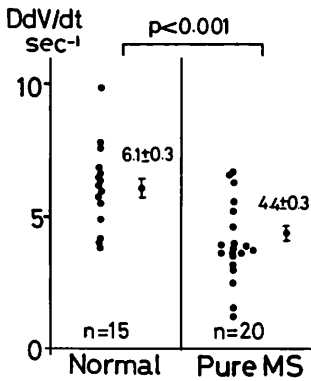


Fig. 10. Maximum diastolic dV/dt (DdV/dt) obtained by ECG-gated cardiac blood pool scintigraphy in patients with pure mitral stenosis (MS).

との関係を見ると、両者間に $r=0.73$ の有意 ($p < 0.001$) な正相関が得られた (Fig. 11). Fig. 11 の矢印は交連切開術を行った症例であるが、術中の計測では僧帽弁口は 0.5 cm^2 、切開後 3.0 cm^2 であるのに対し、超音波心断層図では術前 1.2 cm^2 、術後 2.2 cm^2 であった。心プールによる拡張期最大 dV/dt は術前 $3.7/\text{sec}$ 、術後 $6.6/\text{sec}$ となり、手術による改善を表わしていると思われた。Fig. 11 の左上の open circle の 1 例は僧帽弁狭窄症 兼大動脈弁 閉鎖不全症で、僧帽弁口面積は 0.97 cm^2 と比較的狭窄の程度が強いかかわらず、心プールシンチより得られた拡張期最大 dV/dt は $5.85/\text{sec}^{-1}$ という高い値を示し、大動脈弁から左室への逆流によるためと考えられた。M モード心エコー図より得られた僧帽弁の E 波高、弁後退速度、最大左房径などは、すべて心プールシンチより得られた拡張期最大 dV/dt とは有意な相関を示さなかった。

考 案

1. 方法について

近年、心臓核医学の進歩は目覚ましく、ことに心プールシンチは、心電図同期法の開発とともに、その画像は鮮明となり、より精度の高い情報を提供するようになってきた¹⁵⁻¹⁷⁾。

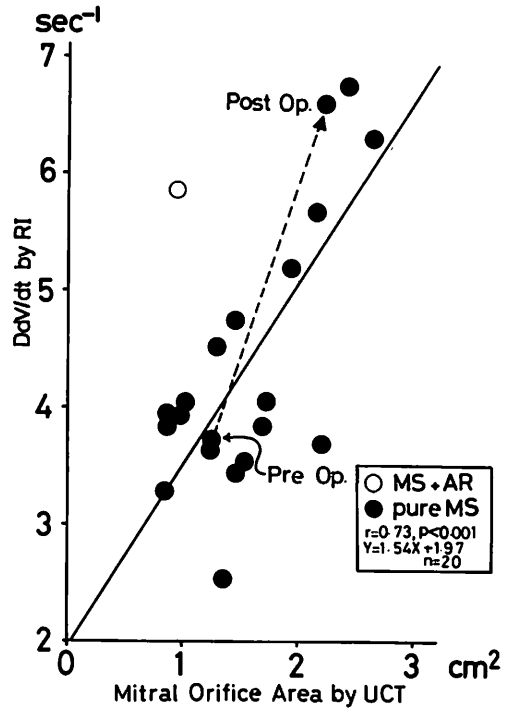


Fig. 11. Correlation between mitral orifice area obtained by two-dimensional echocardiography (UCT) and the maximum diastolic dV/dt obtained by ECG-gated cardiac blood pool scintigraphy.

MS: mitral stenosis; AR=aortic regurgitation; Op operation.

左室拡張期充満を検討するためには観血的な左室造影法¹⁰⁾、左心カテーテル法¹⁴⁾などがあるが、老人や重症者、正常者などについて行う場合に困難を伴うことが多く、また繰り返して行うこともむずかしい。また、心筋梗塞などのように asynergy のある場合、cineventriculogram から area-length 法で左室容積を算出することは必ずしも良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⁸⁻⁹⁾、老人の場合、良い記録が得られないこともしばしばみられる。心筋梗塞などのように asynergy の存在する場合、左室短軸方向の M モード心エコー図により左室容積を算出するには問題が多い^{18,19)}。超音波心断層図でも、M モード心エコー図と同様、左

室の全体を画面に表わすことは通常困難である。

また、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。いずれにせよ、左室全体としての拡張期充満の検索は困難である。Mモード心エコー図上の僧帽弁運動から左室拡張動態を検索する方法^{6,7,11}は弁構造の異常の影響を受け、たとえば僧帽弁狭窄症では弁そのものの硬化があり、拡張動態を知ることではできない。

超音波ドップラー法により僧帽弁口部の流速を計測し、左室充満を検討する試みもある²⁰。この方法では、sample volume が小さいこと、左室容量変化率曲線を算出するためには、さらに僧帽弁口面積を正確に知る必要があること、現在では流速の絶対値が計測できず、半定量的評価しかできないことが問題として残る。

これらに対し、心プールシンチは非観血的方法であり、老人で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、 γ 線のカウント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る²¹。しかし、background すなわち左室腔にかさなる部位、たとえば左房や胸部大動脈、肺野などの影響は否定できないが、今回の検討で使用した dV/dt は左室容量曲線の変化率なので、少なくとも background の設定の方法による影響は少ないと考えられる。

心電図同期法は、不整脈が存在する場合正確な情報を提供しないが¹²、今回の検討では一定範囲の RR 時間幅以外の心拍は切り捨て加算し、精度を高めた。

2. 心筋梗塞について

Hammermeister ら¹⁰は cineventriculogram を用いて種々の心疾患における拡張期最大 dV/dt について検討している。これによると、我々の結果と同様、虚血性心疾患での拡張期最大 dV/dt は健常人に比して有意に低値を示したと報告している。しかし、梗塞巣の広がりや拡張期 dV/dt との関係については述べていない。

Hirakawa ら²²は、ECG-gated radiocardi-

graphy により、種々の心疾患における拡張期最大 dV/dt 値の検討をしている。彼らの方法は、レノグラム用のデ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が、彼らの結果でも虚血性心疾患では拡張期最大 dV/dt が健常者に比して有意に低値を示している。しかし、やはり梗塞巣の広さと拡張期最大 dV/dt 値についての検討はなされていない。

我々の結果でも、拡張期最大 dV/dt 値は心筋梗塞群では有意に低値を示した。心筋梗塞群の収縮期最大 dV/dt は健常群と有意差をみなかったため、収縮期には梗塞部位の収縮異常を健常部位が代償し、より急速に収縮するが、拡張期には健常部位が梗塞部位の拡張障害を代償しきれず、拡張期最大 dV/dt が低下するものと思われる。

今回の拡張期最大 dV/dt の時相はすべての例で急速流入期であり、心電図 P 波の前であったため、心房収縮の影響は考えられない。梗塞部位の拡張障害がその壁のコンプライアンスの減少によるか否かは、圧を同時に計測しないかぎり決定できない。急速流入期における左室の拡張については、Katz²³が ventricular suction と記載しているように、全く受動的な運動ではなく、recoil のような能動的な運動も急速流入期には存在すると考えられているので、心筋梗塞において、梗塞部位の recoil の障害により拡張期最大 dV/dt が低値をとるとも考えられる。Tyberg ら²⁴はネコの乳頭筋において、虚血におちいった心筋は relaxation が遅れていることを示したが、そのような遅れが拡張期最大 dV/dt を低くしているのかもしれない。

我々の検討では、どの部位の心筋梗塞群も健常群に比して有意に拡張期最大 dV/dt は低値を示し、とくに前壁兼下壁梗塞群では他の群に比しより低値を示した。これにより、梗塞の範囲が広ければ広いほど拡張期最大 dV/dt が低値をとる可能性が示唆された。事実、前壁心筋梗塞のみについてであるが、異常 Q 波による small 群と large 群とで拡張期最大 dV/dt 値を検討し、両

者間に有意な差は認められなかったが, large 群でより低い傾向が認められている. また異常 Q 波のみでなく, 虚血性 ST 低下も加味することにより梗塞および虚血巣の広がりを評価し対比すると, large 群では拡張期最大 dV/dt が有意に低値を示している.

このように, 梗塞および虚血巣の範囲と拡張期最大 dV/dt が関係があることは予想されることであるが, それが心プールシンチによって検出できたことは, この方法が比較的感度の高い方法であることを示していると思われる.

3. 僧帽弁狭窄症について

僧帽弁狭窄症で拡張期最大 dV/dt が低値をとることは, 左室拡張期充満障害の結果当然のことである. 超音波心断層図より求めた僧帽弁口面積は Gorlin の式より求めた弁口面積とよく相関する²⁵⁻²⁷⁾, 臨床的にも広く応用されつつある. 我々の結果では, 超音波心断層図より求めた僧帽弁口面積と心プールシンチより求めた拡張期最大 dV/dt とはよく相関した. このことは, 心プールシンチより得られた拡張期最大 dV/dt が僧帽弁狭窄症の重症度を反映するものであることを示していると考えられる.

交連切開術を行った 1 例では, 術後, 拡張期最大 dV/dt 値も改善しており, この方法が手術の評価に対しても応用可能なことが示唆された. しかし, 大動脈弁閉鎖不全を伴った例では, 僧帽弁口面積が狭いにもかかわらず拡張期 dV/dt 値は低値であり, 回帰直線からはずれて左上に偏位した. すなわち大動脈弁閉鎖不全, 心筋梗塞, 高血圧症, 特発性肥大型心筋症などのように拡張期異常を伴う疾患を合併している場合には, 拡張期最大 dV/dt 値は僧帽弁口面積と正相関しないはずである. このことは臨床応用するさいに重要な点であるが, 超音波心断層図より求めた僧帽弁口面積と心プールより求めた拡張期最大 dV/dt 値がくい違う値を示した時には, 拡張期異常を示す他の疾患に気づく 1 つの手がかりとなる可能性も示している.

結 論

心プールシンチは非観血的で繰り返し行え, 左室全体を容易に描出でき, 心行動態の検索も可能である. この方法を用いて心筋梗塞症と僧帽弁狭窄症を対象に, 左室拡張期充満について検討し, つぎのような結果を得た.

1) 心プールシンチより得られた最大容量変化率 (dV/dt) と, cineventriculogram より得られた dV/dt とは有意 ($r=0.651$, $p<0.02$) に相関した.

2) 心筋梗塞群の拡張期最大 dV/dt (DdV/dt) は, 健常群に比して有意 ($p<0.001$) に低値を示し, 梗塞および虚血の部位とその大きさにより差を認めた.

3) 僧帽弁狭窄症群の DdV/dt は健常群に比して有意 ($p<0.001$) に低値を示し, 超音波心断層図より得られた弁口面積と有意 ($r=0.73$, $p<0.001$) に相関した.

以上より, 心プールシンチより得られた DdV/dt は左室拡張期充満を評価する良い指標と思われる.

要 約

この研究の目的は, 左室の拡張期充満を検討する上で, 心電図同期心臓血液プールシンチグラフィ (RI) が有効な手段であるかどうかを評価することにある.

コントロールとして正常者 15 例, 心筋梗塞 (MI) 48 例, 純僧帽弁狭窄症 19 例, 僧帽弁狭窄症兼大動脈弁閉鎖不全症 1 例を対象として, RI を行った. さらに, 左室造影と RI との関係を他の 7 名の患者で検討した.

RI は $^{99m}\text{Tc-HSA}$ 15 mCi を静注し, それが平衡状態に達してから, LAO 45° で行った. 不整脈によって, time-activity curve が歪められないように, それぞれの心周期の RR 間隔を自動的に検索し, 医師が決定した RR 間隔の “window” 以外の心周期は除外した. ROI は visual

inspection で左室と思われる領域に設定した。かくしてこの ROI から左室容量変化曲線と容量変化率曲線を得た。最大収縮期および拡張期 dV/dt ($S dV/dt$ と $D dV/dt$) は 1 回拍出量で補正した。左室造影で得られた最大 dV/dt と RI より得られた最大 dV/dt は有意 ($r=0.65$, $p<0.002$) に相関したので、RI より得られた最大 dV/dt は信頼できるものと考えた。

$D dV/dt$ は正常群 ($6.1\pm 0.3/\text{sec}$) よりも心筋梗塞群 ($4.3\pm 0.1/\text{sec}$) で有意 ($p<0.001$) に低値を示した。心筋梗塞で左室拡張期充満が障害されていることは、異なった他の方法でも検討されている。 $D dV/dt$ は前壁兼下壁心筋梗塞群で $3.7\pm 0.2/\text{sec}$ 、前壁心筋梗塞群で $4.2\pm 0.2/\text{sec}$ 、下壁心筋梗塞群で $4.2\pm 0.3/\text{sec}$ で、前二者間では有意差 ($p<0.05$) を認めた。胸部誘導の異常 Q 波の数により前壁梗塞を small anterior MI と large anterior MI に分けて $D dV/dt$ を比較したが、有意な差はなかった。しかし、異常 Q 波、もしくは虚血性 ST 低下を示す誘導の数で、前壁梗塞を small anterior ischemic area と large anterior ischemic area に分けると、small anterior ischemic area ($5.2\pm 0.3/\text{sec}$) のほうが large anterior ischemic area ($4.0\pm 0.2/\text{sec}$) より有意 ($p<0.01$) に高値を示した。

$D dV/dt$ は予期されるとおり、正常群に比して僧帽弁狭窄症群 ($4.4\pm 0.3/\text{sec}$) でも有意 ($p<0.001$) に低値を示した。また超音波心断層図で求めた僧帽弁口面積と RI で得られた $D dV/dt$ との間には、有意な相関 ($r=0.73$, $p<0.001$) が認められた。僧帽弁狭窄症兼大動脈弁閉鎖不全の患者では、僧帽弁口面積は小さいにもかかわらず、 $D dV/dt$ は大きな値をとった。また純僧帽弁狭窄症例の 1 例では交連切開術を行い、その結果 $D dV/dt$ は $3.7\sim 6.6/\text{sec}$ へと著明に増加した。

これらの結果は、RI から得られる $D dV/dt$ が、心臓病における左室拡張期充満を評価する有効な非観血的指標になりうることを示している。

文 献

- 1) Dodge HT, Hay RE, Sandler H: Pressure-volume characteristics of the diastolic left ventricle of man with heart disease. *Amer Heart J* 64: 503, 1962
- 2) Diamond G, Forrester JS, Hargis J, Parmley WW, Danzing R, Swan HJC: Diastolic pressure-volume relationship in the canine left ventricle. *Circulat Res* 29: 267, 1971
- 3) Diamond G, Forrester JS: Effects of coronary artery disease and acute myocardial infarction on left ventricular compliance in man. *Circulation* 45: 11, 1972
- 4) 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, 1972
- 5) Grossman W: Diastolic properties of the left ventricle. *Ann Int Med* 84: 316, 1976
- 6) 藤井諄一, 渡辺 颯, 小山晋太郎, 加藤和三: 心エコー法による左室拡張期動態の検討. *心臓* 10: 1011-1021, 1978
- 7) Fujii J, Watanabe H, Koyama S, Kato K: Echocardiographic study on diastolic posterior wall movement and left ventricular filling by disease category. *Amer Heart J* 98: 144-152, 1979
- 8) Hanrath, P, Mathey DG, Siegert R, Bleifeld W: Left ventricular relaxation and filling pattern in different forms of left ventricular hypertrophy. An echocardiographic study. *Amer J Cardiol* 45: 15-23, 1980
- 9) Feigenbaum H, Wolfe SB, Popp RL: Correlation of ultrasound with angiocardiology in measuring left ventricular diastolic volume. *Amer J Cardiol* 23: 111, 1969
- 10) 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
- 11) 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, 1975
- 12) 菱田 仁, 近藤 武, 金子堅三, 勅使河原敬明, 大橋 進, 和田正敏, 宮城 裕, 野村雅則, 岡島智志, 久田澄夫, 水野 康: 心電図同期 RI 造影法による左室容量曲線及び容量変化率曲線の検討——心筋梗塞例について——. *日老医誌* 16 (Suppl): 56, 1979
- 13) Sandler H, Dodge HT: Use of single plane angiograms for the calculation of left ventricular volume in man. *Amer Heart J* 75: 325-334, 1968

- 14) 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. *Amer Heart J* **80**: 343-352, 1970
- 15) Green MV, Ostrow HG, Douglas MA, Myers RW, Scott RN, Bailey JJ, Johnston GS: High temporal resolution ECG-gated scintigraphic angiography. *J Nucl Med* **16**: 95-98, 1975
- 16) Burrow RD, Strauss HW, Singleton R, Pond M, Rehn T, Bailey IK, Griffith LC, Nickoloff E, Pitt B: Analysis of left ventricular function from multiple gated acquisition cardiac blood pool imaging. *Circulation* **56**: 1024, 1977
- 17) Folland ED, Hamilton GW, Larson SM, Kennedy JW, Williams DL, Ritchie JL: The radionuclide ejection fraction. A comparison of three radionuclide techniques with contrast angiography. *J Nucl Med* **18**: 1159-1166, 1977
- 18) Teicholz L, Kreulen T, Herman M, Gorlin R: Problems in echocardiographic volume determinations. Echocardiographic-angiographic correlations in the presence or absence of asynergy. *Amer J Cardiol* **37**: 7, 1976
- 19) Teicholz L, Kreulen T, Herman M, Gorlin M: Study of left ventricular geometry and function by B-scan ultrasonography in patients with and without asynergy. *New Engl J Med* **291**: 1220, 1974
- 20) 松尾裕英, 北島 顕, 浅生雅人, 寺尾祐輔, 三嶋正芳, 千田彰一, 島津 敬, 田内 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
- 21) Secker-Walker RH, Resnick L, Kunz H, Parker JA, Hill RL, Potchen EJ: Measurement of left ventricular ejection fraction. *J Nucl Med* **14**: 798, 1973
- 22) 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
- 23) Katz LN: The role played by the ventricular relaxation process in filling the ventricle. *Amer J Physiol* **95**: 542, 1930
- 24) Tyberg JV, Yeatman LA, Parmley WW, Urshel CW, Sonnenblick EH: Effects of hypoxia on mechanics of cardiac contraction. *Amer J Physiol* **215**: 1780, 1970
- 25) Martin RP, Rakowski H, Kleiman JH, Beaver W, London F, Popp RL: Reliability and reproducibility of two dimensional echocardiographic measurement of the stenotic mitral valve orifice area. *Amer J Cardiol* **43**: 560-568, 1979
- 26) Wann LS, Weyman AE, Feigenbaum H, Dillon JC, Johnston KW, Eggelton RC: Determination of mitral valve area by cross-sectional echocardiography. *Ann Intern Med* **88**: 337-341, 1978
- 27) 宇都宮俊徳, 鶴田満浩, 奥 保彦, 橋場邦武: 超音波法による僧帽弁口面積の計測——Mモード法と断層法の比較検討. *日超医講演 論文集* **35**: 13-14, 1979