

## 《原 著》

位相面表示を用いた RI 心室造影法による  
左室機能の解析に関する研究井 出 満\*  
(指導五島雄一郎教授)

**要旨** シングルプローブ法による RI 心室造影法に位相面表示を用いて、左室機能の評価を行った。パターン分析では、160名の患者を7つの型に分類し、それらの型からある程度左室機能障害の種類を推定することが可能であった。また、新たに一回拍出量に対する最大駆出率までに拍出される比率 (peak S) と最大充満率までに充満する比率 (peak D) が表示され、心房収縮による左室拡張の一回拍出量に対する比 (AC/SV) とその最大充満率も、従来法に比べてはるかに簡便に算出することができた。これらのパラメータによる左室機能の評価では、141例の心疾患群のうち105例 (74.5%) に異常が見られ、従来法による80例と比較してはるかに高率であった。従来法と位相面表示法とを同時に用いると132例に異常が認められた。したがって、位相面表示法は、左室機能の評価を行う上で、従来法よりも感度の高い診断法であり、臨床上有用であると考えられた。

## I. はじめに

シングルプローブ法による RI 心室造影法 (RNVG) は、非観血的左室機能測定法として日常臨床に繁用されている<sup>1-9)</sup>。本法により得られる左室時間放射能曲線 (left ventricular time-activity curve) およびその時間微分曲線 (activity-time function curve) から種々のパラメータが提唱され、その臨床有用性が確認されている<sup>4,5,10,11)</sup>。しかしながら、これらのパラメータは、それぞれ個々の値として検討されることが多く、パラメータ間の相互関係などを知るには煩雑である。

われわれは、RNVG のデータに位相面表示法を応用し、各パラメータの相互関係を容易に判定し、またそのパラメータからある程度左室機能障害の種類を推定することが可能であることを報告

した<sup>10)</sup>。この位相面表示では、パターン認識が可能であると同時に、心房収縮による左室充満波 (AC) が容易に同定できる。したがって、本法により、新しい指標を提唱できる可能性がある。

そこで、本研究の目的は、位相面表示法から得られるパターン分類と新しい指標と、従来からの各種のパラメータとを比較検討し、その臨床有用性を検討することとした。

## II. 対象と方法

対象は Table 1 に示すごとく、心肺に異常の認められない健常者 (C 群) 19 名、僧帽弁狭窄症 (MS 群) 3 名、僧帽弁閉鎖不全 (MR 群) 5 名、大動脈弁閉鎖不全 (AR 群) 4 名、うっ血型心筋症 (DCM 群) 4 名、肥大型閉塞性心筋症 (HCM 群) 5 名、高血圧 (HT 群) 34 名、狭心症 (AP 群) 17 名および陳旧性心筋梗塞 (OMI 群) 69 名の計 160 名、男性 131 名、女性 29 名で、年齢は 18 歳から 83 歳、平均 56.4 歳である。検査時点においては全例正常洞調律であった。

方法はすでに報告したごとく <sup>99m</sup>Tc 生体内標識

\* 東海大学医学部内科  
受付：元年 7 月 20 日  
最終稿受付：元年 10 月 9 日  
別刷請求先：伊勢原市望星台 (☎ 259-11)  
東海大学医学部内科 I

Table 1 Subjects of present study

	Number (male : female)	Age (mean)
Control (C)	19 ( 13:6 )	20-68 (36.8)
Mitral Stenosis (MS)	3 ( 2:1 )	45-47 (46.3)
Mitral Regurgitation (MR)	5 ( 4:1 )	38-61 (49.2)
Aortic Regurgitation (AR)	4 ( 2:2 )	31-81 (60.8)
Dilated Cardiomyopathy (DCM)	4 ( 4:0 )	46-72 (54.0)
Hypertrophic Cardiomyopathy (HCM)	5 ( 4:1 )	19-60 (46.4)
Hypertension (HT)	34 ( 26:8 )	34-75 (54.1)
Angina Pectoris (AP)	17 ( 17:0 )	38-82 (57.1)
Old Myocardial Infarction (OMI)	69 ( 59:10)	18-83 (56.4)
Total	160 (131:29)	18-83 (56.4)

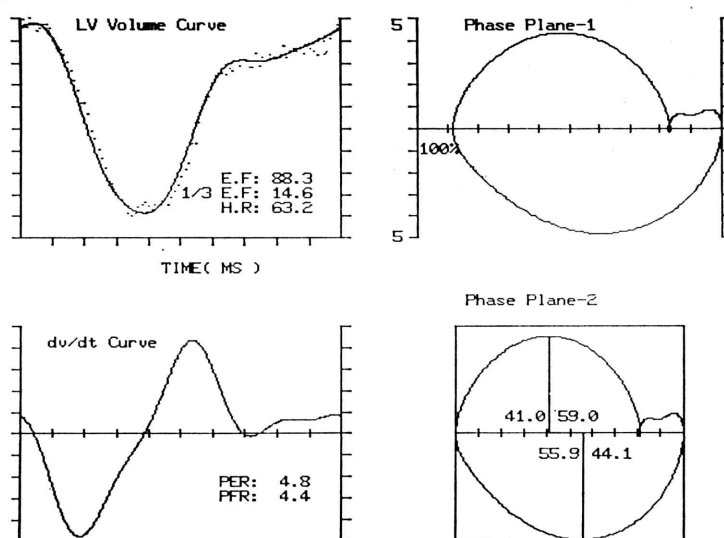


Fig. 1 Phase plane loop (right) was constructed by combining left ventricular volume curve and  $dV/dt$  curve (upper, lower left, respectively). (example of type N)

赤血球 (RBC) 370 MBq (10 mCi) を用いた平衡時心電図同期法により、超音波心診断装置付シングルプロープ式シンチレーションカウンターであるアロカ社製オムニスコープ(RRG-602)でデータを収集した<sup>4)</sup>。データのサンプリング時間は 10 msec で、収集時間は 60 sec とした。得られたデータは RS-232c ケーブルを介して DEC 社製マイクロコンピュータ (LSI-11/23) に送信し、磁気フロッピーディスク上に記録した。

左室時間放射能曲線は、Fourier の 4 次級数にてフィッティングを行い再構成した (Fig. 1)。こ

の再構成した曲線から時間微分値 ( $dV/dt$ ) を計算し、 $dV/dt$  曲線を描いた。これら二つの曲線から、横軸に左室カウント (相対的左室容積)、縦軸に  $dV/dt$  をプロットし、位相面を描画した<sup>10)</sup>。Fig. 1 の右上の表示では横軸に駆出分画が、右下の表示では一回拍出量が 100 になるように表示した。

位相面表示では、1 心周期は一つの閉鎖したループとなり時計軸回転を示す。横軸よりも下方の部分は収縮期で上方は拡張期である。縦軸最下点は最大収縮率 (PER) を、縦軸最高点は最大充満率 (PFR) を示す。拡張期は心室拡張による大き

な波と、それに続く心房収縮による左室充満を示す小さな波の二つからなる。この後半の波の幅は心房収縮による相対的左室充満容積 (AC) であり、高さはその変化率となる。したがって、このループは左室駆出分画 (EF) あるいは相対の一回拍出量 (SV) が大となれば横軸方向に広くなり、 $dV/dt$  が大きくなれば縦軸方向に高くなる。以上から、位相面表示では EF あるいは、SV, PER, PFR, AC および AC の最大充満率 (peak AC) の 5 つのパラメータが一つのループ上に表示される。

ループのパターンは収縮期にループの歪みを呈するもの (S 型)、拡張期に見られるもの (D 型)、収縮拡張両期に見られるもの (M 型)、収縮期に二つの波がみられるもの (SS 型)、拡張期に三つの波があるもの (DD 型)、AC が認められないもの (NAC 型)、およびこれらの異常の見られないもの (N 型, Fig. 1) に分類した (Fig 2)。なお、M 型には S 型あるいは D 型の一部が含まれ、SS 型あるいは DD 型は、それぞれ S 型あるいは D 型の一部である。

検討対象としたパラメータは、EF,  $1/3EF$ , PER, PFR, PER までに駆出した容積の SV に対する割合 (peak S), PFR までに拡張した容積の SV に対

する割合 (peak D), AC/SV および peak AC である。

### III. 結 果

位相面表示によるパターン分類の結果を Table 2 に示す。160 名中 N 型は 97 名 (60.6%), S 型 34 名 (21.3%), D 型 42 名 (26.3%), M 型 15 名 (9.4%) で、C 群 19 名は全例 N 型を示した。SS 型は 12 名 (7.5%), DD 型 22 名 (13.8%) および NAC 型 10 名 (6.3%) であった。

S 型には、MS 1 例、MR 2 例、AR 1 例、DCM 3 例、HCM 3 例、HT 2 例 (5.9%), AP 3 例

Table 2 Distribution of phase plane loop patterns among various diseases

Type	C	MS	MR	AR	DCM	HCM	HT	AP	OMI	TOTAL
N	19	2	2	2	0	1	22	12	37	97
S	0	1	2	1	3	3	2	3	20	34
D	0	1	1	2	3	1	11	3	22	42
M	0	1	0	1	2	0	1	0	10	15
TOTAL	19	3	5	4	4	5	34	17	69	160
SS	0	0	1	0	2	1	0	0	8	12
DD	0	0	1	2	1	1	4	0	13	22
NAC	0	0	1	0	1	0	1	0	7	10

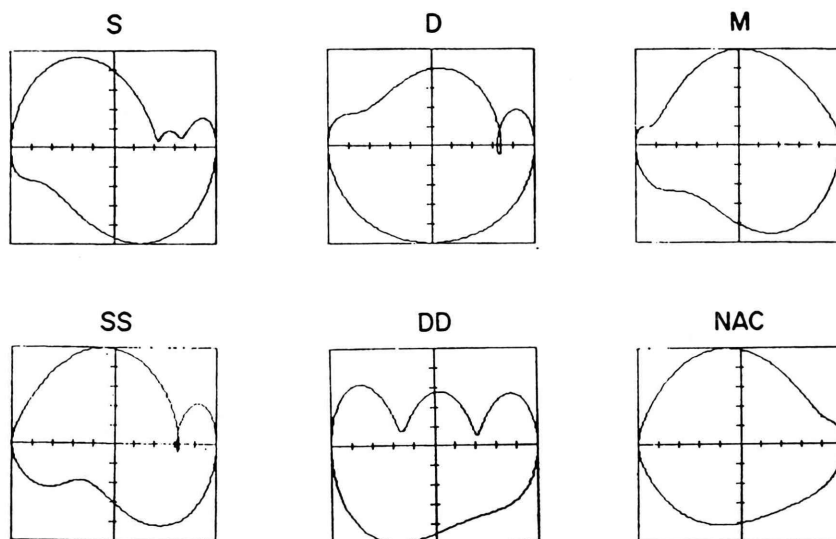


Fig. 2 Examples of phase plane loop patterns. See text for explanation of types. Type N is in Fig. 1.

Table 3 Comparison of the parameters among various heart diseases

	EF	1/3 EF	PER	PFR	peak S	peak D	AC/SV	peak AC
C	67.0±7.0	14.1±3.8	3.31±0.35	3.54±0.46	53.2±7.7	40.3±3.4	18.1±3.1	1.34±0.24
MS	72.0±1.0	16.4±2.6	3.13±0.12	2.87±0.21*	51.2±6.7	43.8±2.3	27.7±10.6**	1.20±0.92
MR	63.4±16.4	10.4±3.6	2.70±0.82*	3.58±1.04	54.4±7.6	34.6±14.0	14.5±4.4	1.08±0.33
AR	60.3±12.0	10.5±8.7	3.05±0.51	2.35±0.97**	53.5±11.4	47.1±20.0	25.0±8.0*	0.95±0.49*
DCM	29.3±18.5**	11.7±5.7	1.43±0.81**	1.30±0.45**	47.1±10.2	37.9±5.7	37.0±18.1**	0.40±0.17**
HCM	83.6±7.4**	12.0±8.2	4.48±0.45**	3.64±1.21	51.6±9.8	37.3±12.0	26.8±12.5	0.92±0.41*
HT	68.4±8.8	14.8±6.5	3.48±0.60	2.94±0.71**	51.0±7.9	40.6±7.5	25.0±7.6**	1.13±0.38*
AP	68.4±9.1	12.5±5.6	3.31±0.54	2.80±0.51**	49.3±8.2	41.4±11.9	26.1±7.6**	0.92±0.26**
OMI	49.6±15.9**	14.4±6.5	2.63±0.87**	2.24±0.85**	48.2±8.5*	43.8±11.1	26.5±8.7**	1.13±0.52

\* P&lt;0.05

\*\* P&lt;0.01

(17.6%) および OMI 20 例 (29.0%) がみられた。D 型には、MS 1 例、MR 1 例、AR 2 例、DCM 3 例、HCM 1 例、HT 11 例 (32.4%)、AP 3 例 (17.6%) および OMI 22 例 (31.9%) がみられた。M 型には、MS 1 例、AR 1 例、DCM 2 例、HT 1 例 (2.9%) および OMI 10 例 (14.5%) がみられた。SS 型には、MR 1 例、DCM 2 例、HCM 1 例と OMI 8 例が、DD 型には、MR 1 例、AR 2 例、DCM 1 例、HCM 1 例、HT 4 例と OMI 13 例が NAC 型には、MR 1 例、DCM 1 例、HT 1 例と OMI 7 例がみられた。

Table 3 は疾患別の各パラメータの平均±標準偏差を示したものである。検定はすべて C 群との間で対応のない t 検定を行っている。症例数の少ない MS、MR、AR、DCM および HCM は参考値としてとどめておくが、HT 群は、PFR 2.94±0.71, peak AC 1.13±0.38 と有意に小で、AC/SV は 25.0±7.6 と有意に大であった。AP 群は、PFR 2.80±0.51, peak AC 0.92±0.26 と有意に小で、AC/SV は 26.1±7.6 と有意に大であった。OMI 群では、EF 49.6±15.9, PER 2.63±0.87, PFR 2.24±0.85, peak S 48.2±8.5 とそれぞれ有

意に小で、AC/SV は 26.5±8.7 と有意に大であった。

Table 4 はパターン別の各パラメータの平均±標準偏差である。すべて N 型との間の対応のない t 検定を行った。EF は N 型 62.1±13.9, S 型 51.1±21.0, D 型 54.7±18.3, M 型 44.4±23.1, SS 型 38.3±21.7, DD 型 50.9±19.4, NAC 型 49.1±14.1 と N 型が他のすべての群に比して有意に大であった。PER は N 型 3.03±0.70, SS 型 2.10±1.01 で N 型が有意に大であった。PFR は、N 型 2.76±0.81, D 型 2.36±0.93, SS 型 2.18±1.37, DD 型 2.10±0.81 と有意に N 型が大であった。AC/SV は N 型 22.9±8.3, S 型 27.6±11.0, D 型 28.0±7.1, DD 型 30.3±8.1 と N 型が有意に小であった。1/3EF, peak S, peak D および peak AC には有意差を認めなかった。

各パラメータ間の相互関係を見ると AC/SV は PFR との間に  $y=4.19-0.06x$ ,  $r=-0.588$  ( $p<0.01$ ) と有意な逆相関関係があった (Fig. 3)。

各パラメータごとに疾患群別の異常値 (C 群の平均 ±2 標準偏差に含まれないもの) の出現頻度をみると (Table 5), EF は DCM 群 (100%), OMI

Table 4 Comparison of the parameters among seven patterns of the phase plane loop

	EF	1/3 EF	PER	PFR	peak S	peak D	AC/SV	peak AC
N	62.1±13.9	13.7±6.0	3.03±0.70	2.76±0.81	49.6±8.9	43.3±12.8	22.9±8.3	1.09±0.45
S	51.1±21.0**	12.9±5.7	2.76±1.13	2.53±1.15	50.7±9.4	39.2±8.6	27.6±11.0**	1.12±0.54
D	54.7±18.3**	14.3±7.3	3.05±1.04	2.36±0.93**	48.6±8.7	41.9±9.8	28.0±7.1**	1.09±0.55
M	44.4±23.1**	11.8±6.5	2.68±1.40	2.36±1.13	49.7±10.4	41.5±5.9	26.5±9.7	1.17±0.80
SS	38.3±21.7**	13.3±4.4	2.10±1.01**	2.18±1.37*	52.8±9.5	40.1±9.5	26.0±9.9	1.20±0.62
DD	50.9±19.4**	12.9±5.4	2.94±1.30	2.10±0.81**	49.9±8.2	41.7±10.2	30.3±8.1**	1.05±0.60
NAC	49.1±14.1**	14.1±4.7	3.11±1.24	2.63±0.96	52.7±7.8	43.8±4.6	—	—

\* P&lt;0.05

\*\* P&lt;0.01

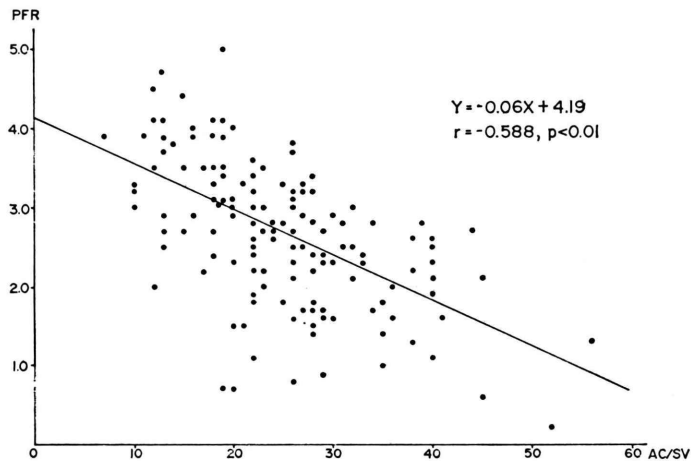


Fig. 3 Correlation between the PFR and the AC/SV in all cases.

Table 5 Incidence of abnormal value in eight parameters (%)

	EF	1/3 EF	PER	PeakS	PFR	PeakD	AC/SV	PeakAC
C								
MS							67	33
MR	40		40		20	40		20
AR	25	50			75	100	75	50
DCM	100	25	100		100		67	75
HCM		40			20	40	40	40
HT	3	15	6	6	32	21	61	73
AP	6	12	6	6	18	24	59	35
OMI	54	10	36	10	54	20	52	32

群 (54%), MR 群 (40%), AR 群 (25%) に多くみられた。1/3EF では, AR 群 (50%), HCM 群 (40%), DCM 群 (25%) に多く, PER では DCM 群 (100%), MR 群 (40%), OMI 群 (36%) に多くみられたが, peak S ではごく少数例がみられたのみであった。PFR では DCM 群 (100%), AR 群 (75%), OMI 群 (54%), HT 群 (32%) に多く, peak D では AR 群 (100%), MR 群 (40%), HCM 群 (40%) に多くみられた。同様に AC/SV は AR 群 (75%), MS 群 (67%), DCM 群 (67%), HT 群

Table 6 Comparison of incidence of abnormal value between conventional and phase plane method

		conventional (A) parameters	pattern (B) analysis	new (C) parameters	(B)+(C)	(A)+(B)+(C)
MS	3	0	1	2	3	3
MR	5	2	3	2	4	4
AR	4	3	2	4	4	4
DCM	4	4	4	3	4	4
HCM	5	2	4	4	4	4
HT	34	15	12	27	31	33
AP	17	4	5	15	15	16
OMI	69	50	34	48	58	64
Total	141	80	65	105	123	132

(61%), AP 群 (59%), OMI 群 (52%), HCM 群 (40%) にみられ, peak AC では DCM 群 (75%), HT 群 (73%), AR 群 (50%), HCM 群 (40%), AP 群 (35%), MS 群 (33%), OMI 群 (32%) に多くみられた。

従来の RNVG でのパラメータである EF, 1/3 EF, PER および PFR を conventional parameters (A) とし, 本法で用いたパターン分析 (B) と位相面から得られる peak S, peak D, AC/SV および peak AC を new parameters (C) として異常データの出現頻度をみると (Table 6), C 群はすべて正常範囲内を示し, 疾患群計 141 例中 A による異常は 80 例 (56.7%), B では 65 例 (46.1%), C では 105 例 (74.5%) であった。B と C を組み合わせると 123 例 (87.2%) となり, A, B, C すべてを用いると 132 例 (93.6%) が何らかの異常を示した。

#### IV. 考 案

##### 1. 位相面表示法について

位相面表示法とは, 周期性を持った変動を示すものの変化量と, その時間変化率を平面上にプロットするもので, 一つの閉鎖したループとなる<sup>10)</sup>。左室の容積変化にこの位相面表示を用いたのは, 左室造影のデータを使用したものが始まりであり, その後ガンマカメラによる RNVG にも応用され

ている<sup>10,13,14)</sup>。しかしながら, これらの検査法で得られるデータでは, スムースなループを描くことが困難であり, 今回のようなループの歪みの判定には適さない。また, 左室造影法は観血的検査であるため, 繰り返し検査を行うことはほとんど不可能である。われわれの用いたヨウ化ナトリウム検出器によるシングルプローブシステムは, 空間解像力には欠けるものの, 時間分解能に優れていることから, 詳細な分析の可能なループを描画することができた<sup>4-9,12)</sup>。さらに, 順逆二方向同時心電図同期方式を用いたことで, 特に拡張中期から末期(心房収縮期を含む)におけるデータのばらつきが少ないことも有利に働いていると考えられる<sup>15,16)</sup>。したがって, 370 MBq と少量の <sup>99m</sup>Tc で, かつデータ収集時間は60秒間と短時間で十分であり, 必要に応じて各種の心負荷前後で, 複数回のデータを収集することも可能である。また, シングルプローブ法では, 常に位置決めに関する問題が取り上げられるが, 今回用いたオムニスコープは超音波断層装置と連動して検出器の位置を決定できる利点を持つことから, より確実に左室のカウントを収集できる<sup>4)</sup>。

##### 2. パターン分析について

位相面表示では, EF あるいは, SV, PER, PFR および AC/SV の値が同時に表示され, これらの

パラメータ間の相互関係も知ることができる。しかも、ループそのものの形からパターン分類を容易に行うことができる<sup>10)</sup>。このパターン分析の結果を見てみると、S型は、収縮期障害を呈する疾患である MR, DCM, OMI に高率にみられる。しかも S 型の EF は C 群よりも有意に低く、収縮期の歪みは何らかの収縮障害によって生じること示唆している。また通常は拡張障害とされる HCM 群でも高率に S 型がみられたが、今回の 5 例はすべて閉塞型であることから、これらも収縮期障害と考えられる<sup>17)</sup>。SS 型は S 型の特殊型であるが、これも同様の疾患群でみられ、EF と PER にも異常がみられる。D 型は、拡張期障害を示す MS, AR, DCM, HT および OMI 群に多くみられ、しかも PFR と AC/SV が有意な異常を示すことから、拡張期の歪みは何らかの拡張障害によって生じると考えられる<sup>18-27)</sup>。DD 型は D 型の特殊型であるが、同様の疾患群にみられ、PFR と AC/SV に異常がある。M 型は、症例は少ないものの、心機能の著明に低下する DCM や OMI にみられ、EF が高度に低下していると同時に PFR や AC/SV にも異常を示すことが多い。したがって、収縮拡張両期の障害を示していると考えられる。NAC 型は心房収縮波が同定できないものであるが、症例数はわずかに 10 例 (6.3%) であった。この型の EF は C 群よりも有意に低いことから、心機能低下時の一つのパターンともとれるが、データ収集の何らかの不備が原因であるとも考えられ、今後の検討課題としたい。

### 3. 心房収縮波について

従来の RNVG では、AC 波は心音図の II 音同期方式など特殊な方式を用いることで同定する必要があった<sup>28-32)</sup>。しかしながら、本法では容易に AC 波を認知することが可能で、今回の検討でも 160 例中 150 例 (93.8%) で同定が可能であった。AC 波から得られる AC/SV は、左室拡張障害を示すパラメータとして提唱されているが、今回の検討でも拡張期障害を示す MS, AR, DCM, HT, AP および OMI で有意に高く、HCM でも有意差はないものの高値を示す傾向があった<sup>28-32)</sup>。

また、AC/SV は PFR と相関するとする報告が多く、われわれの検討でも  $r = -0.588$  の有意な逆相関関係があった<sup>16,28-32)</sup>。Table 5 でみるごとく AC/SV での異常値の出現頻度は PFR よりも高く、特に MS 群では PFR は異常を示さず AC/SV が有用であるとともに、HT 群や AP 群のように収縮性の保たれている群でも、AC/SV が PFR よりも感度が高かった。

同じく AC 波から得られる peak AC は、AR, DCM, HCM, HT, および AP 群で有意に低値を示し、MS, MR, OMI 群でも有意差はないものの低い傾向があった。また異常値を示すものが各疾患群で幅広くみられた。

### 4. 新たなパラメータについて

位相面表示から新たに peak S および peak D が得られた。peak S では健常者と疾患群に特に差はなく、異常値の出現も少なかったが、peak D では各群間に差はないものの、異常値が AR, MR, HCM, HT, AP, OMI にみられた。DCM 群に異常が 1 例もみられなかったが、左室拡張障害を示すパラメータとなりうることを示している。

### 5. 位相面表示法と従来法との比較について

シングルプローブ法でよく用いられる 4 つのパラメータ (EF, 1/3EF, PFR および PFR) での異常値検出率は 141 例中 80 例 (56.7%)、パターン分析では 65 例 (46.1%) であったが、位相面で得られた 4 つのパラメータ (peak S, peak D, AC/SV および peak AC) では 105 例 (74.5%) と高率であり、パターン分析と位相面によるパラメータとを組み合わせると 123 例 (87.2%) となり、従来のパラメータよりも高率となった。これらすべての分析方法を総合すると、141 例中 132 例 (93.6%) と非常に高い率で疾患群の異常を示すことができたが、これは位相面による二つの方法を組み合わせただけの場合とほぼ同等であり、位相面表示法の有用性を示していると考えられる。特に、HT 群と AP 群では、従来の指標では半数以下の症例でしか異常を示さなかったが、位相面表示ではほぼ全例に異常を見いだすことが可能であった。したがって、位相面表示法を用いることにより、シングルプローブ法



の左室機能異常の診断の感受性を高くすることが示された。

## V. 結 論

RI 心室造影法による左室機能の解析に、位相面表示を導入し、以下の結果を得た。

1) 位相面表示のパターンから7群に分類した。収縮期に歪みを認めるものは、収縮期障害を、拡張期に歪みを認めるものは、拡張期障害を示すが、推定された。

2) 位相面表示から、新たに peak S と peak D の二つの指標が得られた。peak S は収縮期障害時に低下する傾向を示したが有意ではなかった。peak D は拡張期障害時に低値を示し、PFR と同等の有用性を示した。

3) 心房収縮機能を示す AC/SV と peak AC が従来法よりも簡便に得ることができた。これらの指標は、拡張期障害を示す疾患で幅広く異常値がみられた。また、AC/SV と PFR との間には、 $r = -0.588$  と有意な逆相関関係があった。

4) 位相面表示法によるパターン分析では、異常値の検出率は46.1%と従来のパラメータの検出率(56.7%)よりも低値であった。しかしながら、位相面表示による4つのパラメータによる検出率は74.5%であり、パターン分析と組み合わせると87.2%となった。さらに、従来法と位相面表示法とを総合すると、異常値の出現率は93.6%と非常に高い率となった。

以上より、シングルプローブ法を用いた RI 心室造影法に、位相面表示を導入することは、左室機能の解析に有用であることが示された。同時に、本装置の機動性、少量の RI で検査可能、連続して複数回の検査が可能であるなどの点と相まって、臨床上有用であると考えられた。

本論文の要旨は第51回日本循環器学会総会(東京)、第34回米国核医学会総会、第27回日本核医学会総会(長崎)および第28回日本核医学会総会(東京)において発表した。

謝辞: 稿を終えるにあたり、本研究を当初からご指導、ご教示いただいた東海大学放射線科学教室鈴木豊教授に

深謝いたします。また、終始ご協力をいただいた内科学教室 I の諸先生方ならびに核医学検査室の技師諸兄にも感謝いたします。

## 文 献

- 1) Strauss HW, Pitt B: Gated blood pool imaging. In Cardiovascular Nuclear Medicine, 2nd Ed, Strauss HW and Pitt B eds, Mosby, St. Louis, pp. 126-147, 1979
- 2) Strauss HW, Boucher CA: Radionuclide Angiography. Am J Cardiol 49: 1337, 1982
- 3) Borer JS, Bacharach SL, Green MV, et al: Assessment of ventricular function by radionuclide angiography: applications and results. Cardiology 71: 136, 1984
- 4) 井出 満, 兼本成斌, 五島雄一郎, 他: オムニスコープ(超音波心診断装置付シングルプローブ式シンチレーションカウンタ). 呼吸と循環 32: 1039-1045, 1984
- 5) 井出 満, 兼本成斌, 五島雄一郎, 他: テルル化カドミウムを用いたシングルプローブによる左室機能の計測. 核医学 23: 1675-1682, 1986
- 6) Nakamura M, Suzuki Y, Tomoda H: A quantitative approach for correction of background counts: Determination of left ventricular ejection fraction by radionuclide angiocardiology. IEEE Trans Bio Med Vol BME 29: 523, 1982
- 7) 鈴木 豊, 中村正彦, 友田春夫, 他: 左室駆出率測定用シングルプローブ装置の試作に関する研究. 核医学 20: 1183-1187, 1983
- 8) 鈴木 豊, 小野容明, 木下栄治, 他: シングルプローブ装置による左室駆出率測定法の基礎的研究. 核医学 21: 353-360, 1984
- 9) Strashun A, Horowitz SF, Goldsmith SJ, et al: Noninvasive detection of left ventricular dysfunction with a portable electrocardiographic gated scintillation probe device. Am J Cardiol 47: 610-617, 1981
- 10) Hammermeister KE, Warbasse JR: The rate of change of left ventricular volume in man. 2. Diastolic events in health and disease. Circulation 49: 739-747, 1974
- 11) Mancini GB, Slutsky RA, Norris SL, et al: Radionuclide analysis of peak filling rate, filling fraction, and time to peak filling rate. Am J Cardiol 51: 43-51, 1983
- 12) Ide M, Suzuki Y, Hirose A, et al: Phase plane (volume to volume-time function loop) display of data from radionuclide ventriculography obtained by single cardiac probe system. Ann Nucl Med 2: 95-100, 1988
- 13) Tomoda H, Matsuyama S: Left ventricular dias-



- toloc properties in man with special reference to the early diastolic period. *Jpn J Med* **17**: 124-130, 1978
- 14) 渡辺佐知郎, 安江隆夫, 茜部 寛, 他: 平衡時相 RI 心血管造影法と同時右室圧測定から求めた右室圧-容積ループ. *核医学* **18**: 75-80, 1981
  - 15) 玉木長良, 児玉秋生, 米倉義晴, 他: R 波前後方向同期心プールイメージングによる虚血性心疾患の検討——左室機能および左室局所機能の解析——. *核医学* **22**: 147-155, 1985
  - 16) 古谷雄司, 尾崎正治, 池園 徹, 他: 健常者における急性後負荷増大に対する左室収縮期, 拡張期特性および左房関与の変化について——R 波順方向, 逆方向心プール法による検討——. *核医学* **23**: 213-220, 1986
  - 17) Smith VE, Schulman P, Karimeddini MK, et al: Rapid ventricular filling in left ventricular hypertrophy: 2. Pathologic hypertrophy. *J Am Coll Cardiol* **5**: 869-874, 1985
  - 18) Fouad FM, Tarazi RC, Gallagher JH, et al: Abnormal left ventricular relaxation in hypertensive patients. *Clinical Science* **59**: 411s-414s, 1980
  - 19) Reduto LA, Wickemeyer WJ, Young BJ, et al: Left ventricular diastolic performance at rest and during exercise in patients with coronary artery disease. *Circulation* **63**: 1228-1237, 1981
  - 20) Bonow RO, Bacharach SL, Green MV, et al: Impaired left ventricular diastolic filling in patients with coronary artery disease: Assessment with radionuclide angiography. *Circulation* **64**: 315-323, 1981
  - 21) Polak JF, Kemper AJ, Bianco JA, et al: Resting early diastolic filling rate: A sensitive index of myocardial dysfunction in patients with coronary artery disease. *J Nucl Med* **23**: 471-478, 1982
  - 22) Inouye I, Massie B, Lodge D, et al: Abnormal left ventricular filling: An early finding in mild to moderate systemic hypertension. *Am J Cardiol* **53**: 120-126, 1984
  - 23) Founad FM, Slominski M, Tarazi RC, et al: Left ventricular diastolic function in hypertension: Relation to left ventricular mass and systolic function. *J Am Coll Cardiol* **3**: 1500-1506, 1984
  - 24) Lavine SJ, Krishnaswami V, Screiner DP, et al: Left ventricular diastolic filling in patients with coronary artery disease and normal left ventricular function. *Am Heart J* **110**: 318-325, 1985
  - 25) Imai S, Kanda H, Suzuki T, et al: Analysis of the left ventricular early diastolic function in old myocardial infarction by gated radionuclide angiography. *Jpn Circ J* **49**: 672-678, 1985
  - 26) Caruana M, Al-Khawaja I, Lahiri A, et al: Radionuclide measurements of diastolic function for assessing early left ventricular abnormalities in the hypertensive patients. *Br Heart J* **59**: 218-226, 1988
  - 27) Bonaduce D, Morgano G, Petretta M, et al: Diastolic function in acute myocardial infarction: A radionuclide study. *J Nucl Med* **29**: 1786-1789, 1988
  - 28) 石田良雄: 心音 II 音同期・心電図 R 波逆同期 RI 心プールイメージング法による冠動脈疾患の左室拡張期充満動態の解析——拡張早期充満異常と左房収縮の役割——. *核医学* **21**: 831-843, 1984
  - 29) 近藤 武, 菱田 仁, 根岸幸男, 他: 心電図同期心プールシンチグラフィによる前収縮期における左室充満の評価. *Journal of Cardiography* **12**: 189-202, 1982
  - 30) 石田 健, 有田 剛, 半田洋治, 他: 逆方向性平衡時法による心筋梗塞の拡張期心機能評価. *Journal of Cardiography* **13**: 279-289, 1983
  - 31) 河北誠三郎: 虚血心における左室拡張能および左房機能の検討. *核医学* **24**: 1765-1770, 1987
  - 32) 有田 剛, 石田 健, 半田洋治, 他: 高血圧症における左房 booster pump 機能について——心エコー法ならびに心プールシンチグラフィによる検討——. *呼と循* **35**: 879-883, 1987
  - 33) 石田 健, 有田 剛, 石根顕史, 他: 心筋梗塞症の左室拡張期特性と最大クレアチンキナーゼ MB 値との関係. *呼と循* **33**: 575-579, 1985

## Summary

### **Phase Plane (Volume to Volume-Time Function Loop) Display of the Data from Radionuclide Ventriculography Obtained by Single Cardiac Probe System**

Michiru IDE

*Department of Internal Medicine, Tokai University School of Medicine*

To assess the left ventricular (LV) performance more sensitively, a new display method of phase plane (PP), displaying volume and volume-time function ( $dV/dt$ ) in a single image, was applied to radionuclide ventriculography obtained by a single cardiac probe system. In this PP loop, the width of the horizontal axis indicates relative LV volume, and the height of the vertical axis indicates  $dV/dt$ . The direction of the rotation of this loop is clockwise. We classified 160 patients with various heart diseases into seven groups, according to the configuration of the loop. And we proposed two new parameters, named peak S and peak D, from this PP display. We can easily detect the left atrial contribution (AC/SV) and its peak rate (peak AC), which are very sensitive parameters for detecting

the left ventricular diastolic function abnormality. With these parameters, we can detect 105 patients (74.5%) with abnormal LV function out of 141 patients with various heart diseases. However, with conventional parameters (named EF, PER, PFR,  $1/3$  EF), we can detect only 80 patients (56.7%) with LV dysfunction. Therefore, we conclude that the single image PP display is a sensitive method for assessing the abnormality of the LV function, not only by evaluating the conventional parameters, but also by analyzing the configuration of the volume to volume-time function loop.

**Key words:** Radionuclide ventriculography (RNVG), Single cardiac probe system, Phase plane display, Sodium-iodide probe, Left ventricular function.