

《研究速報》

心音Ⅱ音, 心電図 R 波同期装置の試作とファントム
による基礎的検討

立石 修* 渡辺 久之* 窪内 洋一* 吉村 正蔵*
橋本 広信** 間島 寧興** 川上 憲司** 林 茂利***
服部 文夫*** 川村 博俊*** 中村 英明**** 祐乗坊 真****

I. 緒 言

心電図 R 波同期心プールシンチグラフィは種々の疾患における心機能評価に有用な検査法であるが, 数百心拍を加算してイメージを作成するため心房細動のような心拍数の変動が大きい症例では拡張期を正確に同期することが難しく弱点の一つであった. 今回われわれは心音Ⅱ音同期装置を開発しそれを用いて R 波Ⅱ音同期心プールシンチグラフィを行い, その精度をファントム実験で検討し心房細動例への応用の可能性について述べた.

II. 対象および方法

1. R 波Ⅱ音同期プールシンチグラフィ

^{99m}Tc HSA 20 mCi 静注後, ガンマカメラ*¹ とオンライン接続したコンピューターシステム*² を使用しフレームモードでデータ収集した. R 波Ⅱ音同期はポリグラフ*³ に今回開発したⅡ音検出ユニットを組み込み使用した (Fig. 1). Ⅱ音同期は Fig. 1a, に示すごとく心音Ⅱ音出力を波形処理器に入力し, フィルターを通したあとレベル比較器でⅡ音の振幅を校正信号と比較し校正信号以上の

入力信号をパルスとして出力した. さらにタイミング処理器で R 波検出後に一定時間波形を検出しない検出不応期 (ブランキング時間) を設定し収縮期雑音による誤同期を防止した. また R 波検出後次の R 波信号が入力されるまでの間にⅡ音以外を検出しないように R 波Ⅱ音検出メモリー機構を採用した. こうして R 波で拡張末期, Ⅱ音で収縮末期を同期し, 各トリガー信号よりおのおの 30 msec の single gate を設け 1,500 心拍を加算した. そして拡張末期および収縮末期の加算カウントより駆出分画 Ejection fraction (EF) を算出した.

2. 加算カウントの信頼性の検討

心房細動では同期した時相の容量が変化するため加算カウントの信頼性が問題となる. そこで心エコー法より得られた基礎データを基にしてファントム実験を行い拡張末期および収縮末期の心室容量を各心拍ごとに变化させた場合と一定にした場合の加算カウントの相関を検討した. 対象は慢性心房細動例 7 例 (男 4 例, 女 3 例), 年齢は 38 歳から 76 歳 (平均 ± 分散 = 67 ± 13). 全例ジギタリスを 6 か月以上服用しており安静時心拍数は 60 ~ 100/分であった.

(1) 心エコー法による心室容量の測定

心エコー図より拡張末期径, 収縮末期径を計測し Pombo の式¹⁾ より拡張末期容量 End-diastolic volume (EDV), 収縮末期容量 End-systolic volume (ESV), EF を連続する 100 心拍について求めた. そして EDV, ESV についておのおの 10 ml ごと

* 東京慈恵会医科大学第四内科

** 同 放射線科

*** 神奈川県立厚木病院

**** フクダ電子

受付: 60年3月27日

最終稿受付: 60年4月30日

別刷請求先: 港区西新橋 3-25 (☎ 105)

東京慈恵会医科大学第四内科

立 石 修

*¹Ohio Nuclear $\Sigma 410$, *²Varicam type 73, *³フクダ電子製 MIC 8600

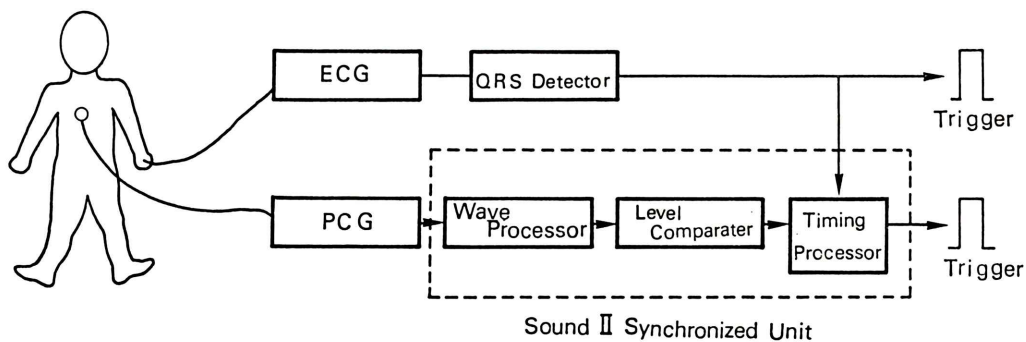


Fig. 1a Block diagram of the gating apparatus.

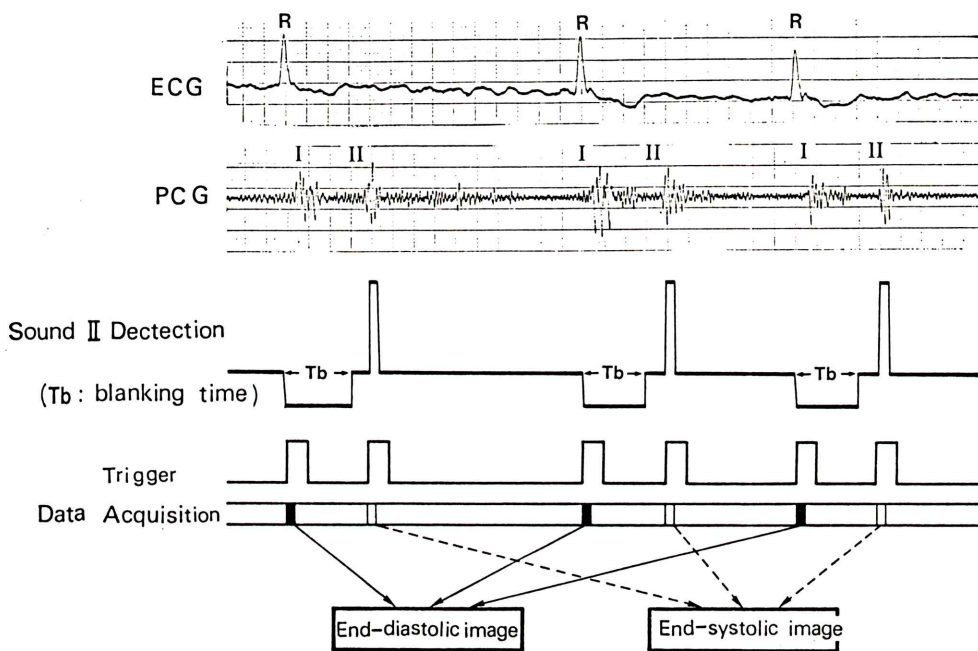


Fig. 1b Time chart of each signal.

の度数分布表を作成しファントム実験の基礎データとした。

(2) ファントム実験

ファントム^{*4}実験に用いた核種は^{99m}Tc 20 mCi を 5 L の脱気水で希釈したものを用いた。ペースメーカーを用い 120/分 の規則正しい電気信号を R 波同期装置に入力し、同期信号より 100 msec の single gate を設け 800 回加算し心室カウント

を測定した。Fig. 2 に示すごとくファントム心室部の容量を基礎データに基づいて 10 ml/ ごとに变化させ 800 回加算し (カウント A)、平均容量に固定し 800 回加算した場合 (カウント B) との相関を検討した。測定条件を一定にするため最高ピクセルカウントの 20% に ROI を設けた。次にカウント A より求めた EF を EF-A、カウント B より求めた EF を EF-B とし両者の相関を検討した。

(3) 平均 EF との関係

プールシンチグラフィでは加算カウントの平均

^{*4} 安西総業社製心動態ファントム Cardiac II

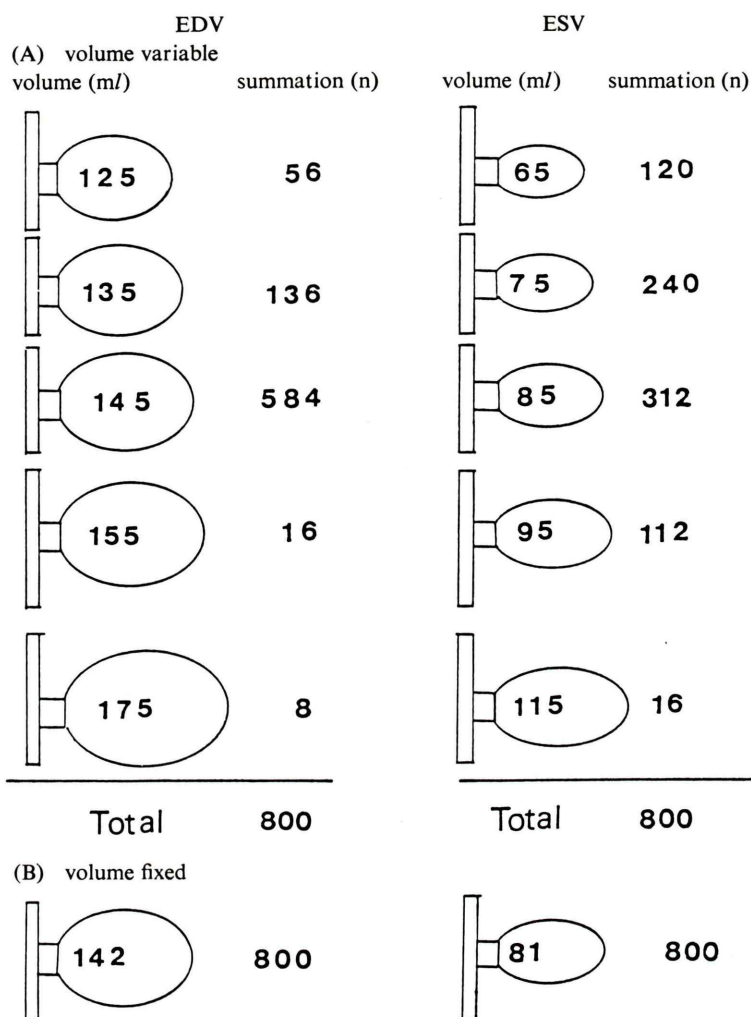


Fig. 2 Schema of cardiac phantom studies (case 5).

Table 1 Measurement of left ventricular volume by echocardiography

	Age	Sex	EDV (ml)	ESV (ml)
1	70	F	58±6	12±2
2	65	F	317±27	183±18
3	76	M	208±8	75±4
4	75	M	340±15	149±12
5	73	M	140±7	79±9
6	38	F	344±13	211±10
7	75	M	228±11	97±7

EDV: End-diastolic volume

ESV: End-systolic volume

Values are mean±SD

より EF を求めるが臨床上問題となる一心拍ごとの EF の平均との関係は不明である。そこで心エコー図を用い EDV, ESV の平均 ($\overline{\text{EDV}}$, $\overline{\text{ESV}}$) より求めた $\text{EF}=(\Sigma\text{EDV}-\Sigma\text{ESV})/\Sigma\text{EDV}$ を EF-1, 一心拍ごとの EF の平均 ($=\Sigma\text{EF}/n$) を EF-2 とし両者の相関を検討した。

III. 結 果

(1) 心エコー法による心室容量の測定

心エコー図より一心拍ごとの EDV, ESV を測定した結果，各症例とも平均値よりほぼ 10% の

Table 2 Frequency distribution table

Case 1				Case 2			
E D V		E S V		E D V		E S V	
C. I.	F.	C. I.	F.	C. I.	F.	C. I.	F.
30~39ml	1	0~9ml	7	230~239	1	140~149	1 2
40~49ml	3	10~19ml	9 3	250~259	3	150~159	7
50~59ml	6 6			260~269	6	160~169	5
60~69ml	3 0			270~279	4	170~179	1 4
Mean=58ml		mean=14ml		280~289	3	180~189	9
				300~309	5	190~199	4 1
				310~319	2 3	200~209	1 2
				320~329	3 0		
				340~349	2 5		
				Mean=317		Mean=182	

Case 3				Case 4			
E D V		E S V		E D V		E S V	
C. I.	F.	C. I.	F.	C. I.	F.	C. I.	F.
180~189	1	60~69	1 5	300~309	1	120~129	1
190~199	1 5	70~79	5 6	310~319	9	130~139	1 1
200~209	4 6	80~89	2 9	320~329	1 9	140~149	4 3
210~219	3 6			340~349	3 5	150~159	9
220~229	2			350~359	1 7	160~169	1 7
Mean=207		Mean=76		370~379	3	170~179	3
				Mean=340		Mean=150	

Case 5				Case 6			
E D V		E S V		E D V		E S V	
C. I.	F.	C. I.	F.	C. I.	F.	C. I.	F.
120~129	7	60~69	1 5	310~319	5	190~199	1 5
130~139	1 7	70~79	3 0	320~329	2 0	200~209	2 9
140~149	7 3	80~89	3 9	340~349	4 4	210~219	4 4
150~159	2	90~99	1 4	350~359	2 9	220~229	1 2
170~179	1	110~119	2	370~379	2		
Mean=142		Mean=81		Mean=343		mean=210	

Case 7			
E D V		E S V	
C. I.	F.	C. I.	F.
120~129	5	80~89	8
180~189	1	90~99	5 9
190~199	1	100~109	2 9
200~209	2	110~119	4
210~219	1 2		
220~229	3 9		
230~239	3 9		
250~259	1		
Mean=222		Mean=98	

C. I. = Class interval
F. = Frequency

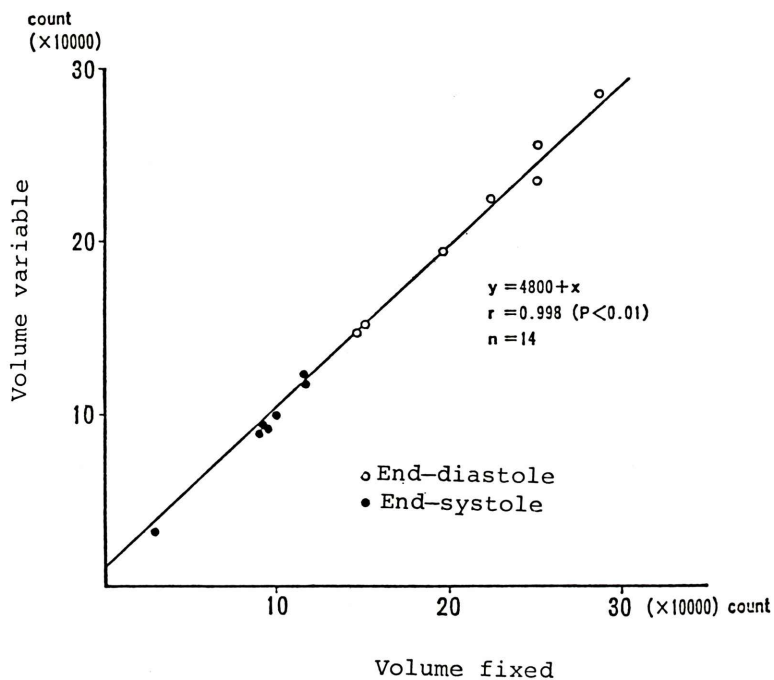


Fig. 3a Correlation of left ventricular count between volume variable and fixed in phantom study.

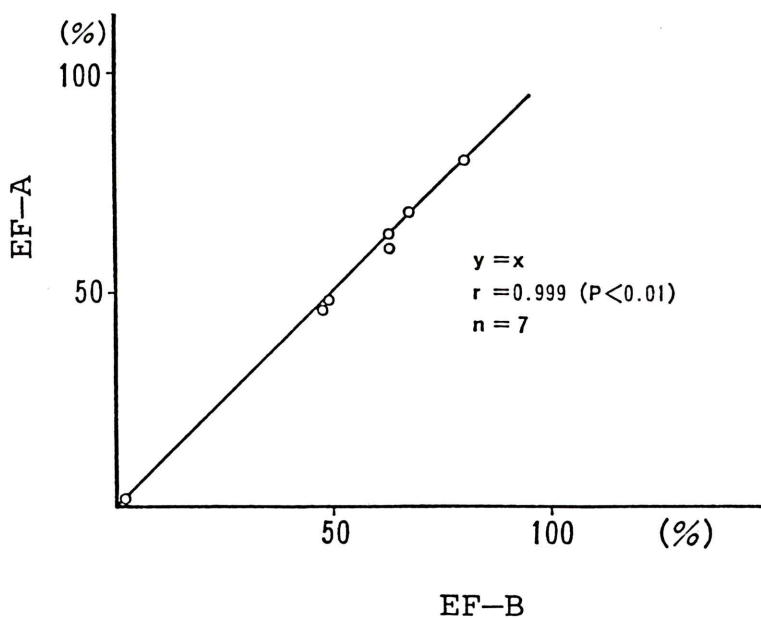


Fig. 3b Correlation of EF between volume variable (EF-A) and fixed (EF-B) in phantom study.

範囲で変動していた (Table 1)。これから EDV, ESV について 10 ml/ ごとの度数分布表を作成しファントム実験の基礎データとした (Table 2)。

(2) 左室カウントの測定

心室容量を変化させた時と一定にした時の加算カウント (カウント A, カウント B) の間には $r=0.998$ と高い相関が認められた (Fig. 3a)。

(3) EF の測定

カウント A より求めた EF (EF-A) とカウント B より求めた EF (EF-B) の相関は $r=0.999$ でありほぼ一致すると考えられた (Fig. 3b)。

(4) 平均 EF との関係

EDV, ESV より求めた EF (EF-1) と一心拍ごとの EF の平均 (EF-2) の相関は $r=0.999$ でありほぼ一致すると考えられた。

IV. 考 案

II 音同期法は最初 Berman²⁾ によりイメージの精度向上を目的に心プールシンチグラフィに用いられた。その後渡辺³⁾、石田⁴⁾、白石⁵⁾らにより洞調律患者を対象とした拡張期動態の解析に用いられ良好な結果が得られている。しかし心房細動例を対象として II 音を実際に同期し心機能評価に用いた報告はない。II 音同期法を心房細動例に用いる際には R 波より II 音までの時間が変化するため確実に II 音を同期できる装置が必要となる。われわれは R 波および II 音信号よりブランピング時間を設定し収縮期の雑音を極力除去する等、いくつかの工夫を試みた結果、心房細動でも 90% の心拍を同期でき、同期した信号の 99% は正確に II 音を同期することができた。同期しなかった原因はそのほとんどがブランピング時間の設定があいまいなため II 音が検出不応期に入り検出されないか、レベル比較器の設定をアンダーセンシング気

味にしたため II 音の振幅が吸気時に減少する際に検出されなかったためであり今後装置の改良によりさらに精度の向上が期待される。

心房細動では同期した時相の心室容量が変化するため加算カウントの信頼性が問題となる。心エコー図による検討の結果、心房細動例の拡張末期、収縮末期の容量変化の程度はそれぞれ約 10% であり撮影方向の変化はさらに小さいと考えられた (Table 1)。そのため左室カウントの大部分は加算イメージ内に含まれ、これより求めた加算カウントは平均容量を示すのではないかと考えファントム実験を行った。その結果、加算カウントはほぼ平均容量の加算カウントと一致し、さらに心エコー図を用いた検討で平均容量より求めた EF は平均 EF とほぼ等しかった。

以上より R 波 II 音を正確に同期すれば心房細動例でも平均 EF の算出が可能であり、心房細動例の心機能評価法として本検査法は臨床的に有用と思われ今後症例を重ねて検討する予定である。

文 献

- 1) Pombo JF, Troy BL, Russell RO: Left ventricular volumes and ejection fraction by echocardiography. *Circulation* **43**: 480-490, 1971
- 2) Berman DS, Salel AF, DeNardo GL, et al: Clinical assessment of left ventricular regional contraction patterns and ejection fraction by high-resolution gated scintigraphy. *J Nucl Med* **16**: 865-874, 1975
- 3) 渡辺美郎, 酒井 章, 稲田満夫, 他: RI angiography における 2 音同期平衡時法の左室容量曲線による拡張期の検討. *Radioisotopes* **31**: 515-520, 1982
- 4) 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. *核医学* **21**: 831-843, 1984
- 5) 白石友邦, 小林昭智, 長谷川武夫, 他: II 音同期平衡時法より求めた左室拡張期指標による虚血性心疾患の評価. *核医学* **21**: 661-669, 1984

Summary

A Gated Scintigraphy by Second Heart Sound and Electrocardiographic R Wave and its Clinical Evaluation in Phantom Study

Osamu TATEISHI*, Hisashi WATANABE*, Youichi KUBOUCHI*, Shozo YOSHIMURA*,
Hironobu HASHIMOTO**, Yasuoki MASHIMA**, Kenji KAWAKAMI**,
Shigetoshi HAYASHI***, Fumio HATTORI***, Hirotoshi KAWAMURA***,
Hideaki NAKAMURA**** and Makoto YUJOBO****

**The Fourth Department of Medicine, **Department of Radiology,
Jikei University School of Medicine
***The Kanagawa Prefectural Atsugi Hospital
****Fukuda Denshi*

A new method was devised for assessing cardiac function in patients with atrial fibrillation (Af). Ejection fraction (EF) was calculated by the summation counts during 1,500 heart beats in each 10 msec. interval at both end-diastole and end-systole by means of electrocardiographic R wave and second heart sound gated method.

To determine the reliability of the summation counts in patients with Af, phantom study was performed on the basis of the left ventricular vol-

ume measured by echocardiography. EF calculated by using mean end-diastolic and end-systolic volume was also in close agreement with mean EF in echocardiography.

In conclusion, it was suggested that the EF measured by this method was reliable even in patients with Af.

Key words: Gated blood pool scintigraphy, Second heart sound, Echocardiography, Atrial fibrillation, Phantom study.