

《短 報》

# 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

鈴木 豊\* 中村 正彦\*\* 友田 春夫\*\*\* 森 瑞樹\*\*\*\*

## I. はじめに

ファーストパス法による単一の左室時間放射能曲線 (LVTAC) よりバックグラウンド曲線 (BKG) を推定する方法についてはすでに報告した<sup>1,2)</sup>. 今回, この処理法を実際に応用する試みとして, マイクロコンピュータを内蔵したシングルプローブ装置を試作したのでその結果について報告する.

## II. 方 法

### 1. ハードウェア

この装置は, シンチレーションプローブ (直径 50.8 mm, 高さ 25.4 mm), 中央演算処理装置 (LSI-11/23, 128K バイト), フロッピーディスク装置, ディスプレイ装置, ハードコピー装置より構成されている (Fig. 1).

プローブは高計数率に正確に応答できるように設計されており, <sup>99m</sup>Tc を使用した場合, 5% の数え落しは, 波高分析器のウィンドウ幅 30% で 150 K cps, 40 KeV 以上の積分計測で 220 Kcps であった (Fig. 2). コリメータは, 内径 50.8 mm, 長さ 80.0 mm, 壁の厚さ 5.0 mm の鉛製平行孔型を試作した. このコリメータの水中での等反応曲線を求めたところ, 最高カウントの 50%, 10% の点

は, コリメータの中心線上でのおおの 3 cm, 10 cm であった. このコリメータで, 容量 30 ml から 275 ml の間で容量とカウント数の間に直線関係が得られた.

### 2. ソフトウェア

#### a) データ収集

データは, 0.025 秒間隔で最長 100 秒間収集可能である.

#### b) BKG の推定および LVEF の算出

ファーストパス法による LVTAC は, 次式によって表わされるものと仮定する.

$$A(t) = KC(t) \{V_{ES} + V_{ST}V(t)\} + B(t) \dots \dots \dots (1)$$

ここで, A(t) は時間 t で観測される LVTAC, C(t) は左室内でのトレーサーの濃度変化曲線, V<sub>ES</sub> は左室の収縮終期容積, V<sub>ST</sub> は左室の 1 回拍出容積, V(t) は 0 ≤ V(t) ≤ 1 と正規化された左室の容積変化曲線 B(t) は BKG である. いま, 式 (1) の A(t) から, 何らかの方法によって KV<sub>ST</sub>C(t) に比例した曲線

$$E(t) = \lambda KV_{ST}C(t) \dots \dots \dots (2)$$

が求められ, しかも, BKG を近似する関数形が仮定されるならば, A(t) の低周波成分曲線と式

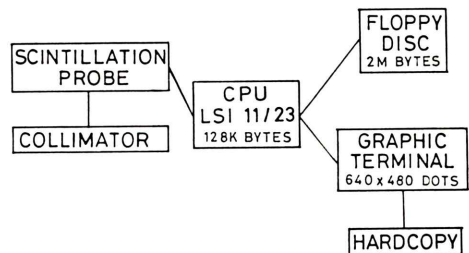


Fig. 1 Schematic block diagram of the system.

\* 東海大学医学部放射線科  
 \*\* 同 ME 学教室  
 \*\*\* 同 循環器内科  
 \*\*\*\* アロカ株式会社  
 受付: 58 年 4 月 26 日  
 最終稿受付: 58 年 4 月 26 日  
 別刷請求先: 伊勢原市望星台 (☎ 259-11)  
 東海大学医学部放射線科  
 鈴木 豊

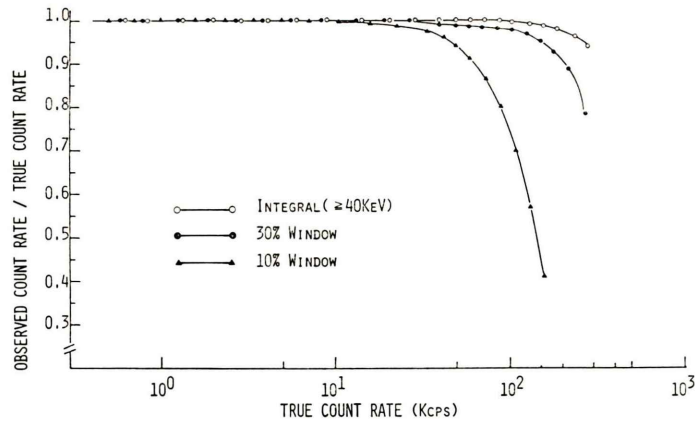


Fig. 2 Count Rate Characteristics of the System.

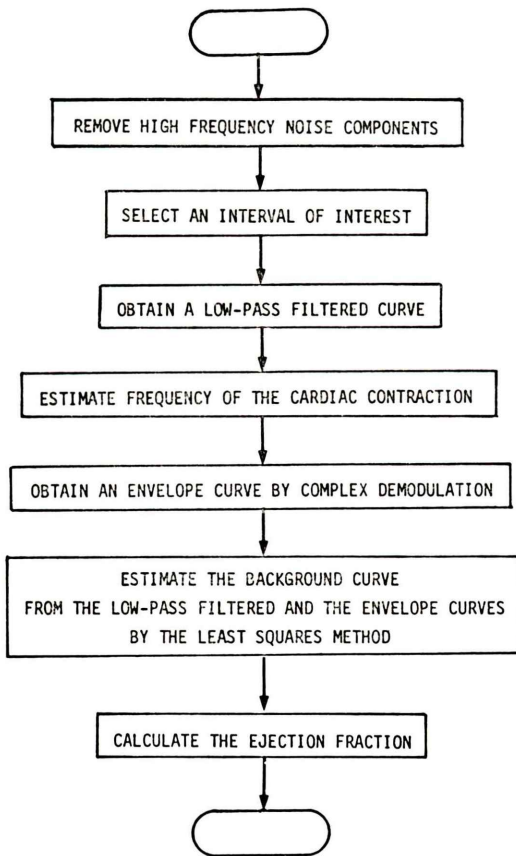


Fig. 3 Flow diagram of data processing for estimation of background curve and LVEF.

(2) の  $E(t)$  とから、最小 2 乗法によって BKG は近似的に推定され得る。

本装置では、式 (1) に複素復調法を適用して式 (2) の  $E(t)$  を求め、BKG を一次関数と仮定して推定した。LVEF は、BKG を推定する過程で求められたものを EF (A), また BKG を補正した LVTAC 上で、左室の拡張終期カウントと収縮終期カウントの差が極大値を示す心拍から以後の 3

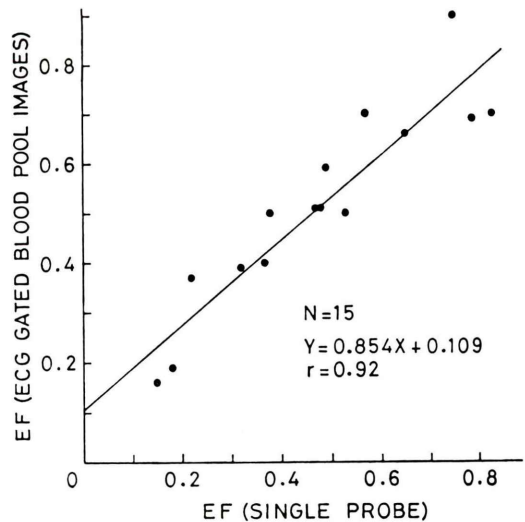


Fig. 4 Correlation between LVEF from single probe system and ECG gated cardiac pool images by a camera.

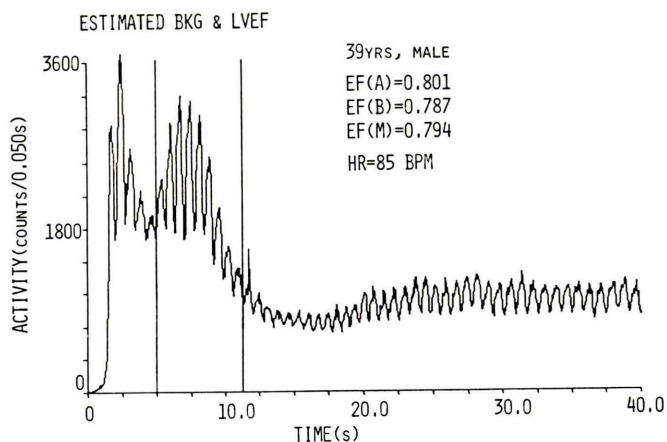


Fig. 5 Example of Left Ventricular Time Activity Curve, Estimated Background Curve and LVEF.

心拍について求めた駆出率の平均値を EF(B) とし、EF(A) と EF(B) の平均値をもって求める LVEF とした。実際の処理手順は Fig. 3 に示した。

### 3. 臨床試験

背臥位の患者の正面より左室にプローブを指向させた後  $^{99m}\text{Tc}$ -アルブミン 2 mCi を右肘静脈よりボラス注入し、50秒間 LVTAC を記録して前述した方法により LVEF を求め、これとガンマカメラによる心電図同期法で求めた LVEF と比較検討した。対象とした症例は、陳旧性心筋梗塞 5 例、急性心筋梗塞 3 例、狭心症 3 例、その他の心疾患 4 例の計 15 例である。カメラで求められた LVEF に比較して本装置で求めたそれはやや低値を示す傾向が認められたが、両者の間には  $r=0.920$  というよい相関が認められた (Fig. 4)。実際の症例を Fig. 5 に示した。

## III. 考 察

ファーストパス法により LVEF を求めるにあたっては、装置の高計数率特性が重要であるが、われわれの開発した装置は計数率 150 KCPS で数え落とし 5% であり、その条件を十分に満足している。 $^{99m}\text{Tc}$  2 mCi の投与で最大約 70 KCPS の高計数率の得られることは、本装置の感度の良さを示すものである。

ファーストパス法では、BKG の処理が LVEF を算出する上でもっとも重要な因子であるが、その理論的説明はなされておらず、主として経験的手法が用いられてきた<sup>3)</sup>。シングルプローブ装置を使用した場合、特に、BKG の推定が困難であり、従来、最初の RI 投与で左室のカーブを求め、2 回目の投与でバックグラウンド領域のカーブを求める方法<sup>4)</sup> や、円柱状のプローブの外側にリング状のプローブを組み合わせ、後者のプローブで BKG を得る方法<sup>5)</sup> などこの問題を解決しようとしてきた。

われわれは、この BKG を解析的に推定する手法として複素復調法と最小 2 乗法に基礎をおいた方法を提唱し、デジタルシミュレーションおよび臨床データを用いてその手法の妥当性を報告してきた<sup>1)</sup>。さらに、多結晶型カメラで得られたファーストパスデータをもとに検討を加え、関心領域が左室全体をカバーしている限り、その関心領域の大きさいかにかわらず、LVEF が再現性よく算出されることを確かめた<sup>2)</sup>。

今回の検討結果は、シングルプローブで得られた LVTAC にもわれわれの提唱した方法が適用され得ることを示している。われわれの方法により、従来、ハードウェアあるいは実際の検査の場における工夫で解決が試みられてきた BKG 処理がソ

フトウエアで解決される。このことにより、単純な形の検出器を用いて1回のRI投与でLVEFの算出が可能になる。さらに、BKGの推定した主観の入る余地がなくなり、LVEFの再現性の向上が期待される。しかし、左室の位置決定は、本装置でも本質的に解決されておらず、超音波検出器の併用を検討している。

#### IV. 結 語

マイクロコンピュータを内蔵しているシングルプローブ装置を試作した。本装置の特色は、その高計数率特性と単一のLVTACから解析的にBKGを推定し、LVEFを算出するプログラムを有していることである。本装置により、少量のRI投与でLVEFを求めることができる。

この研究は、昭和56年度文部省科学研究補助金、試験研究(2)の補助を受けた。

#### 文 献

- 1) Nakamura M, Suzuki Y, and 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: 523-530, 1982.
- 2) 鈴木 豊, 中村正彦, 友田春夫: 左室時間放射能曲線に關与するバックグラウンド曲線の解析的处理とその臨床応用. 第2回医療情報学連合大会論文集(B-4-9): 257-259, 東京, 1982年11月.
- 3) Pierson R Jr. and Vandyke DC: Analysis of left ventricular function. in Quantitative nuclear medicine, Pierson R Jr. et al eds. John Wiley & Sons, New York, 1975, p 123.
- 4) Steele PP, Van Dyke D, Trow RS, et al: Simple and safe bedside method for serial measurement of left ventricular ejection fraction, cardiac output, and pulmonary blood volume. Bri Heart J 36: 122-131, 1974.
- 5) Groch MK, Gotlieb S, Mallon SM, et al: A new dual-probe system for the rapid bedside assessment of left ventricular function. J Nucl Med 17: 130-136, 1976.

## Summary

### Microcomputer-Based Scintillation Probe System for Assessment of Left Ventricular Ejection Fraction

Yutaka SUZUKI\*, Masahiko NAKAMURA\*\*, Haruo TOMODA\*\*\* and Mizuki MORI\*\*\*\*

\*Department of Radiology, \*\*Medical Engineering, \*\*\*Cardiology, Tokai University Medical School  
\*\*\*\*Aloka Co. Ltd.

A microcomputer-based single probe system has been developed to calculate left ventricular ejection fraction (LVEF) from first pass left ventricular time-activity curve (LVTAC). The system consists of a scintillation probe (50.8 mm in diameter and 25.4 mm in height), a central processing unit (LSI-11/23 with 128 k-bytes), a floppy disc unit, a graphic display unit and a hard copy unit. A straight bore collimator of 50.8 mm in inner diameter and 80.0 mm in length is attached to the detector. The system has been designed to attain high countrate characteristics. Five percent count loss has occurred at 150,000 cps with a 30% window of a pulse-height analyser. With injection of 2 mCi of  $^{99m}\text{Tc}$  pertechnetate, the maximum count of LVTAC was around 70,000 cps.

This system has a program for determination of LVEF from a first pass LVTAC based on quantitative correction for background curve (BKG). LVTAC is mathematically described by the following equation.

$$A(t) = KC(t)(V_{ES} + V_{ST}V(t)) + B(t)$$

where  $A(t)$  is the observed curve,  $K$  is a constant,  $C(t)$  is the tracer concentration time-function in the left ventricle (LV),  $V_{ES}$  denotes the end-systolic volume of the LV,  $V_{ST}$  denotes the stroke volume of the LV,  $V(t)$  is the volume variation curve of the LV is normalized so as to be zero at end-systole and unity at end-diastole, and  $B(t)$  is the BKG. An envelope curve is obtained applying the technique of complex demodulation to LVTAC and low-pass filtered curve is also obtained from the LVTAC. A BKG, being assumed to be a polynomial of degree 1, is approximately estimated from these two curves using the least square method.

In 15 patients with various heart diseases, LVEF obtained by this system were compared with those of obtained by ECG gated cardiac pool method using a gamma camera. There was good correlation between the LVEFs obtained by these two methods: correlation coefficient ( $r$ )=0.920.

**Key words:** Radionuclide Angiocardiology, Single Probe System, First Pass Study.