

《原 著》

心 RI アンジオグラフィによる左室駆出分画 (EF) の精度に関する検討 (I)

— First pass 法について —

西村 恒彦* 今井 行雄* 香川 雅昭* 林 真*
小塚 隆弘*

要旨 シンチカメラとオンラインで接続したミニコンピュータシステムを用いて、First pass 法による心 RI アンジオグラフィを施行した。データ収集は 1 秒間に 20 フレーム、最大 512 フレームまでイメージモードで行なった。左室駆出分画 (EF) の算出は、得られた鋸歯状の時系列曲線から山の部分、谷の部分をおのの ED, ES のカウント数とし 3 心拍の平均とした。EF の精度については左心室、バックグラウンドの閾値領域の設定について検討した結果、左心室の大きさを正確にかつバックグラウンドは大動脈弁領域を含まないときコントラスト EF とよく一致した。First pass 法による EF は心カテーテル検査を実行している 20 症例にて $r=0.89$ とよく相関した。また、不整脈を有する 15 症例でも $r=0.84$ とよく相関した。このことは、First pass 法による EF の算出は左心機能の測定が精度高く行なえルーチンワークに供する上で有用なことが認められた。

1. 緒 言

近年、心臓病学における核医学的方法は、非侵襲的に形態のみならず、左心機能に関する情報を診断に供することができるようになり普及しつつある。しかしながら、左室駆出分画 (EF) を始めとする精度は、本法が臨床的に汎用されるためにはぜひ必要である。

First pass 法は、放射性同位元素 (RI) が左心を初回通過時に心収縮、拡張をくり返す速い動態による容積の変化を RI のカウント数の変化として捉えようとするものである。この方法に関しては Schelbert を始め種々報告されている^{1~3)}が、本邦では心カテーテル法との比較など詳細な検討はきわめて少ない。

* 国立循環器病センター放診部
受付：54 年 8 月 29 日

最終稿受付：54 年 11 月 15 日

別刷請求先：吹田市藤白台 5 の 125 (番 565)
国立循環器病センター放診部

西 村 恒 彦

そこで、本研究ではシンチカメラとオンラインのミニコンピュータシステムを用い、First pass 法による RI アンジオグラフィを行ない、左心機能に関するパラメータを算出し、主として心カテーテル法から求めたコントラスト EF との比較を中心として、本法の精度に及ぼす種々の条件について検討するとともに、その臨床的応用についても報告する。

2. 方法および対象

使用した装置はシンチカメラ (Ohio-Nuclear Σ410S 型) とオンラインで接続した RI データ処理装置 (DEC, PDP11/34, 96KB) である (Fig. 1)。

First pass 法による心 RI アンジオグラフィは ^{99m}TC -Albumin もしくは ^{99m}TC -RBC 15~20 mCi/1~2 ml 急速静注後 64×64 マトリックスにて、1 秒間に 20 フレーム、計 512 フレームのデータをイメージモードで採集した。体位は、主として RAO, LAO とし、高感度用コリメータを装着した。なお、初回通過時の画像情報は、ガンマイ

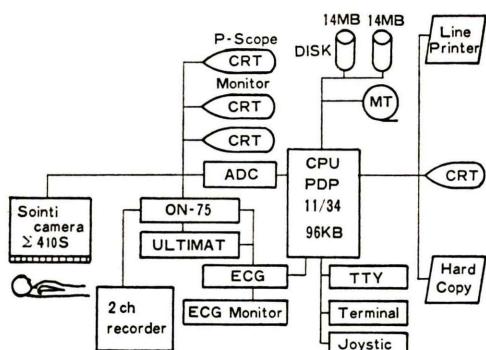


Fig. 1 A scinticamera and RI data processing system for cardiovascular nuclear medicine

メジャー(ウルチマート)にて、1秒間に30コマ撮像するとともに、データストアプレイバック装置(series 75)に記録し、いつでも、再生表示可能なものとした。

心カテーテル法による左室造影は、76%ウログラフィンを用い、造影剤の量は0.7ml/kgを約3秒間に注入した。体位はRAO 30°, LAO 60°にて1秒間に60~90コマ撮像した。

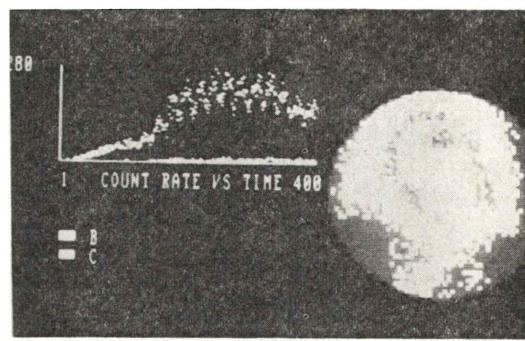
対象は各種心疾患35例である。なお、これらの症例はすべて心カテーテル検査を2週間以内に施行している。その内訳は、心筋梗塞17例、狭心症8例、僧帽弁閉鎖不全、狭窄症8例、肥厚性心筋症3例、うっ血型心筋症5例、心房中隔欠損などの先天性心奇形2例およびその他2例である。

3. EF の算出

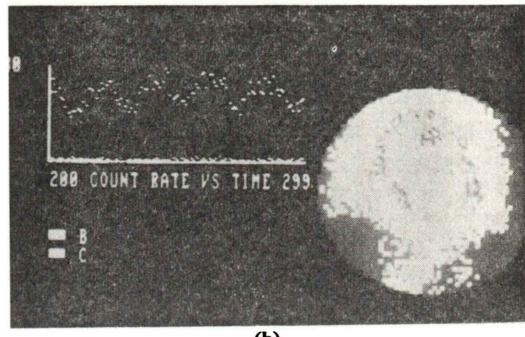
First pass 法による EF の算出は、デジタル化された経時的な心プールイメージにて、左心室およびバックグラウンドに関心領域を設定し、得られた時系列曲線から行なった。

Fig. 2-a は、初回通過時の時系列曲線を示しているが、これらの鋸歯状の曲線はそれぞれ山の部分(拡張末期; ED) 谷の部分(収縮末期; ES)から構成されることになる。Fig. 2-b は、2-a における時系列曲線のうち、左心通過時の拡大表示したものであり、前述の ED, ES に相当してさらに明瞭になる。

EF の算出は、左心通過における時系列曲線



(a)



(b)

Fig. 2 Time-activity curve generated from first pass method (a), fluctuation of left ventricle in several cardiac cycles (b)

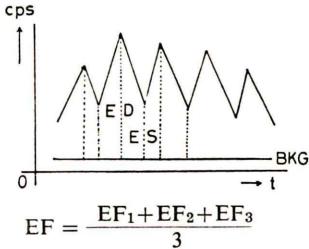


Fig. 3 Calculation of LVEF from first pass method

のうち、3拍についての平均とした(Fig. 3) すなわち、Fig. 3において1心拍における EF は、バックグラウンドを差引いた後(ED-ES)/ED のカウント比とし、 $EF = \frac{EF_1 + EF_2 + EF_3}{3}$ を用いた。

心カテーテル法による EF の算出は、YHP 5,600M カテラボシステムを用い、左室造影像にて ED, ES フレームにてライトペンで正確に左心室に相当するよう辺縁を追跡、Sandler, Dodge 法⁴⁾により求めた。

4. 結 果

1) EF の精度について

心カテーテル検査にて左室造影を施行している10症例にて、左心室の実際の大きさより変化させて関心領域を設定したとき、EF の算出に与える影響を検討した (Fig. 4).

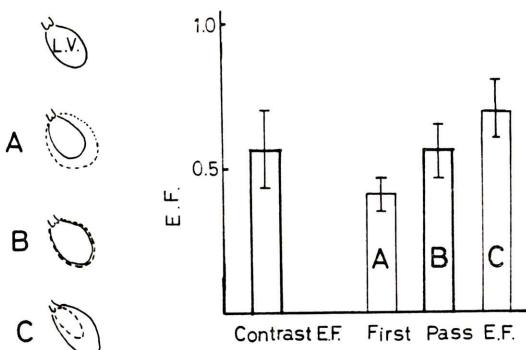
実際の左心室の大きさより大きく設定した場合 (A), EF の算出は低く、反対に、小さく設定した場合 (C), EF の算出は高かった。コントラスト EF と比較して、(B)の場合、この10症例ではきわめて良好な一致がみられた。

バックグラウンドを左心室辺縁を囲む長さで (大動脈弁領域を除く), かつ1マトリックス (A), 2マトリックス (B), 3マトリックス (C) の幅で Fig. 5 のように関心領域を設定したとき EF の算出に与える影響を検討した。

1マトリックスとした場合、EF の算出は低く、3マトリックスとした場合、EF の算出は高かった。コントラスト EF と比較して、2マトリックスの場合、この10症例ではきわめて良好な一致がみられた。

2) 心カテーテル法によるコントラスト EF との比較

心房細動、著明な不整脈を有する症例を除いた



	Contrast	A	B	C
N	10	10	10	10
Mean	0.57	0.41	0.56	0.69
SD	0.12	0.07	0.12	0.10

Fig. 4 Effects of LV size on determination of LVEF

各種心疾患20例にて、First pass EF およびコントラスト EF を比較した (Fig. 6). 全症例とも心カテーテルおよび First pass 法は 2 週間以内に施行し、NYHA の分類に変化を認めなかったものである。両者の EF は、0.89 ときわめて高い相関を認めた。

一方、僧帽弁狭窄、閉鎖不全症、うっ血性心筋症などにおいて、心房細動を有する例にて、コントラスト EF および First pass EF を比較した (Fig. 7). 両者の EF は 0.84 と、不整脈を有しない場合に比し、低い相関を示したが相関は十分認められた。

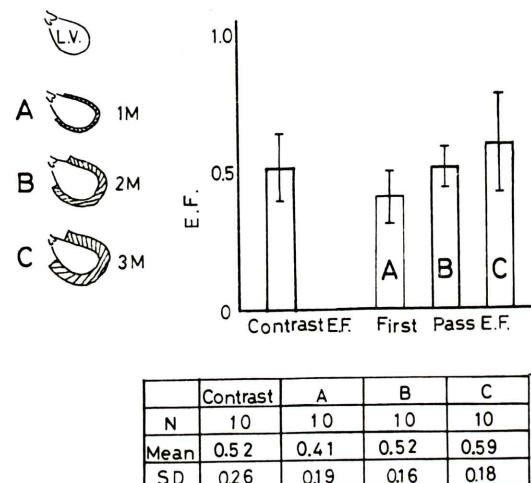


Fig. 5 Effects of background on determination of LVEF

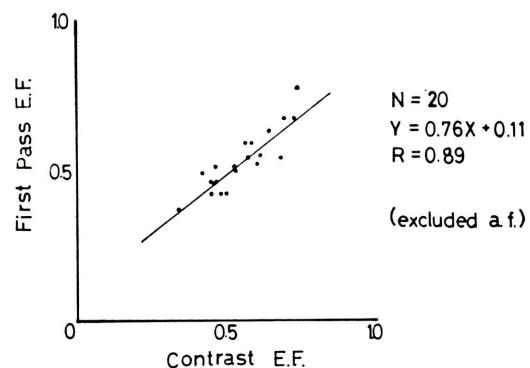


Fig. 6 Comparison between First pass EF and X-ray contrast EF

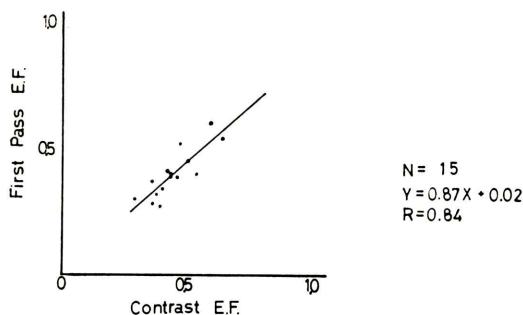


Fig. 7 Comparison between First pass EF and X-ray contrast EF in the patients with atrial fibrillation

5. 考 案

心臓病学における核医学的方法の特徴は、形態診断のみならず、心拍出量、短絡量をはじめ左心機能に関する左室駆出分画 (EF) などのパラメータの測定が非観血的に行なえることである⁵⁾。とりわけ、First pass 法は RI をボーラスとして静注することにより、初回通過時の連続イメージとともに、収縮、拡張状態を RI のカウント数の変化としてとらえることにより EF が算出できる利点を有する。

本研究ではシンチカメラとオンラインで接続したミニコンピュータシステムを用いて First pass 法を行なった。

従来より高計数率への追従性からオートフルオロスコープのようなマルチクリス型カメラが First pass 法に有用なことが示されている。著者らのシステムでは、高感度コリメータを用いることにより、高計数率への追従性は十分認められ、かつ実際の検査においても RI がボーラスとして左心室を通過する時約 30 Kcps であるが Fig. 8 に示すように、投与量と計数率の間に直線性がこの範囲では存在することから実用上問題はないと考えられる⁶⁾。

実際の測定において、RI がボーラスとして注入するため 15~20 mCi/1~2 cc とし、生食水でフラッシュする方法を用いている。また、肺動脈から RI を注入した時と末梢静脈から注入した時の

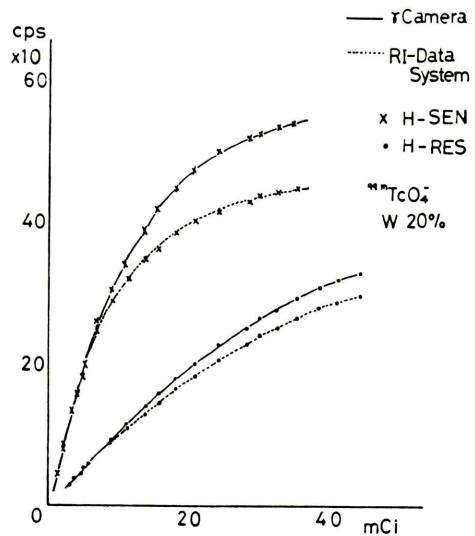


Fig. 8 Responce curve of a scinticamera and computer system with increasing activity
 × H-SEN (high-sensitivity collimator)
 • H-RES (high-resolution collimator)

相関は 0.96 ときわめて高いことから⁷⁾、本法により EF の測定は十分であると考えられる。

また、画像診断に供する場合、ガンマイメジャーにて 1 秒間に 1 コマ、計 30 コマの画像とともに、データストアプレイバック装置にて磁気テープに記録しており、いつでも再生できる利点がある⁸⁾。

ところで、臨床的に汎用されるためには、EF の精度が問題となる。EF の算出は Fig. 2 に示す鋸歯状の曲線においてその山の部分、谷の部分がそれぞれ左心室における拡張、収縮にもとづくカウントの変化として ED, ES に相当することから求められるわけであるが、統計的なバラツキに基づくノイズに対し、Schelbert¹⁰, Tweig ら⁹⁾により種々の処理が行なわれている。しかし、臨床的には Jones らの 3 心拍加算による方法³⁾が簡便でかつ著者らの成績で示したように、カテーテル検査によるコントラスト EF ともよく一致した。

RI 画像は元来、点拡がり関数に由来するため空間分解能は低く、心拍同期心プールイメージにて ED, ES 像から、area-length 法を用いて EF を算出する方法^{10,11)}は、左室造影像の輪郭からコントラスト EF を求めるように、左心室の辺縁の

追跡は簡単でない。

実際、デジタル化された画像において左心室およびバックグラウンドにおける関心領域の設定の仕方による EF の測定に与える影響について検討した結果、左心室の大きさを正確に抽出し、かつバックグラウンドが 2 マトリックスの場合が精度が高かった。

左心室の大きさの設定は、とくに前述したように辺縁の抽出が困難なことに由来するが、カラーディスプレイおよびスレッショルド表示を用いることにより決定した。実際の左心室より大きく設定すれば、バックグラウンドを含むことになり、EF は低く算出される。またバックグラウンドは、マトリックスの幅の他に大動脈弁の領域を囲まないようすければ EF の精度は高い。

このような方法を用いることにより、EF の算出を行なったオペレータ間にもきわめて良好な一致がみられ、処理時間も 5 分以内でありルーチンワークに使用可能である。そこで、心カテーテル検査によるコントラスト EF と比較すると、整脈を有する 20 症例について $r=0.89$ と高い相関が得られた。

一方、心 RI アンジオグラフィから EF を算出する方法として、マルチゲート法がある。しかし、マルチゲート法は R 波をトリガーとして R-R 間隔を 20~40 等分し心拍加算 (500~1,500 心拍) することから、著明な不整脈、心房細動を有する症例では EF の算出は不可能である。これに比し、First pass 法ではコントラスト EF と比較して $r=0.84$ と良好な相関を得たことから僧帽弁疾患、うっ血型心筋症などにおける左心機能も測定できることになる。

体位に関しては、RAO, LAO あるいは左房と左室の分離の良好な MLAO などが用いられているが、著者らは、RAO を用いる方法が右室における EF が算出でき、かつ RAO における wall motion の観察が行なえることから有効と考えている。また、スラントコリメータの使用¹²⁾により、心カテーテル検査で近年汎用されつつある Angled view¹³⁾ を導入することにより、心室、心

房の分離がさらに明瞭となり精度が向上するものと考えられる。

6. 結論

1) シンチカメラとオンラインで接続したミニコンピュータシステムを用い、First pass 法による RI アンジオグラフィを行ない、左室駆出分画 (EF) を算出した。データ収集は 1 秒間に 20 フレーム、最高 512 フレーム、イメージモードにて行なった。

2) EF の算出は 3 心拍における平均としたが、左心室、バックグラウンドにおける関心領域の設定により EF に影響をあたえる。左心室における大きさを正確に、かつバックグラウンドは大動脈弁の領域を含まず 2 マトリックスを左心室周囲に設定する方法がコントラスト EF とよく一致した。

3) 実際、整脈を有する 20 症例では $r=0.89$ 、心房細動を有する 15 症例では $r=0.84$ とコントラスト EF とよく一致し、EF の算出における処理時間もきわめて短かいことから、臨床的に左心機能を評価する上で有用である。

4) 心 RI アンジオグラフィは、一般に RAO にて First pass 法を、引き続き LAO, RAO にてマルチゲート法を行なうのが、右室、左室の形態、機能両面にわたる情報が得られ有効と考える。

文献

- 1) Schelbert HR, Verba WJ, et al: Nontraumatic determination of left ventricular ejection fraction by radionuclide angiography. *Circulation* **51**: 902-909, 1975
- 2) Van dyke, Anger HO, et al: Cardiac evaluation from radioisotope dynamics. *J Nucl Med* **13**: 585, 1972
- 3) Jones RH, Home WR et al: Assessment of left ventricular function by a single radionuclide transit through the heart. *J Nucl Med* **17**: 556, 1976
- 4) Dodge HT, Sandler H., et al: The use of biplane cineangiography for measurement of left ventricular volume in man. *Am Heart J* **60**: 762, 1960
- 5) Strauss HW, Pitt B: Evaluation of cardiac function and structure with radioactive tracer techniques. *Circulation* **57**: 645-654, 1978
- 6) 西村恒彦, 今井行雄, ほか: First pass 法による RI

アンジオグラフィに関する検討, 第11回近畿核医学研究会口演, 1971年6月, 大阪

- 7) 成田充啓, 宇佐美暢久ほか: 心拍連動 RI 心血管造影による左心機能の診断, 核医学 **14**: 21-31, 1977
- 8) 西村恒彦, 小塚隆弘, ほか: 心臓核医学(I) —MUGAシステムについて—. 臨床 ME, **3**: 485-493, 1979
- 9) Tweig DB, Stokely EM, et al: Effects of noise on the determination of ejection fraction from left ventricular time-activity curve. J Nucl Med **18**: 180-182, 1977
- 10) Ashburn WL, Kostuk WJ, et al: Left ventricular volume and ejection fraction determination by radionuclied angiography. Sem Nucl Med **3**: 165, 1973
- 11) Kostuk WJ, Ehsani AA, et al: Left ventricular performance after myocardial infarction assessed by radioisotope angiography. Circulation **47**: 242, 1973
- 12) Parker JA, Uren RF, et al: Radionuclide left ventriculography with the slant hole collimator. J Nucl Med **18**: 843, 1977
- 13) Elliott LP, Barger JR LM, et al: axial cineangiography in congenital heart disease. Circulation **56**: 1084-1093, 1977

Summary

Evaluation of Left Ventricular Ejection Fraction by First Pass Radionuclide Cardioangiography

Tsunehiko NISHIMURA, Yukio IMAI, Masaaki KAGAWA,
Makoto HAYASHI and Takahiro KOZUKA

Department of Nuclear Medicine, National Cardiovascular Center, Suita, Osaka, Japan

The left ventricular ejection fraction can be assessed by recording the passage of peripherally administered radioactive bolus through the heart which is first pass method.

In this study, the accuracy and validity of first pass method were examined in the patients with cardiac catheterization. After 99m TC-HSA as a bolus was injected intravenously, the time-activity curve was recorded with a scintillation camera and on-line minicomputer system.

The ejection fraction was calculated by the average of three cardiac cycles which corresponded to the left ventricular volume changes during each cardiac cycles.

The results correlated well with those obtained by biplane cineangiography in the twenty patients without arrhythmias ($r=0.89$) and moreover, this

technique was applied to the fifteen patients with atrial fibrillation such as mitral valvular diseases, congestive cardiomyopathy. Good correlation of the ejection fraction ($r=0.84$) was obtained.

The findings, however, demonstrated that the time-activity curve must be generated from the region of interest which fits the left ventricular blood pool precisely and must be corrected for the contribution arising from noncardiac background structures (two matrix method).

In conclusion, this noninvasive method appears particularly useful for serial evaluation of the patients with cardiac dysfunctions and would be available for the routine examination of ventricular functions.

Key words: Ejection fraction, First pass method, Contrast X-ray method.