

三次元画像処理による心室 壁運動解析

Three-dimensional image processing for analysis of ventricular wall mo- tion

外山比南子*
村田 啓**

Hinako TOYAMA*
Hajime MURATA**

Summary

Three-dimensional data processing was developed for single photon computed tomographic imaging of the multigated blood pool with Tc-99m labelled red blood cells. A gamma camera (ZLC-7500; Siemens) was rotated from the left posterior oblique (LPO 45°) to the right anterior oblique (RAO 45°) projections at intervals of 180°/32. Data were collected at each part for one to two minutes, and the number of gates per beat was 12 to 20, depending on the patient. Three-dimensional transaxial images of the heart were reconstructed by the filtered back projection method without attenuation correction. A Shepp & Logan filter was used for the convolution filter. Short-axial images were reconstructed from the transaxial images. Using the equicount level method, the contours of both ventricles at each short-axial cross-section image were determined automatically with 50% levels of the maximum counts. Each contour line was smoothed to the fifth order of Fourier function after conversion from (x-y) coordinates to (r- θ) polar coordinates with respect to the center of the area. Each contour line, converted again into (x-y) coordinates, was drawn successively on a color CRT at constant intervals and inclinations in order to display the ventricles three-dimensionally. It is possible to display simultaneously on a CRT the right and left ventricles or two types of cardiac disease. It is also possible to depict superimposed images of end-diastolic and end-systolic ventricles. Three cases including a normal control, one with old inferior infarction and one with hypertrophic cardiomyopathy (HCM) were examined. The length of the long axis at end-systole in the normal case became less than half the length of the one at end-diastole. In the case of inferior infarction, the length of the left ventricular long axis did not change according to contraction, and akinesis at the inferior wall was clearly imaged. In the case of HCM, the thickness of the interventricular septum was markedly increased compared to that of the normal. Using the present method, several cardiac functions were analyzed non-invasively as three-dimensional images. Simultaneous display of the left and right ventricles is very helpful in diagnosing changes in thickness of the septum and relative motions of the left and right ventricles accompanying contraction. Using our method, it would be easy to quantitatively estimate ventricular volume, cardiac output, and regurgitation fraction by storing three-dimensional data including the center of the area, contour and long axis, on magnetic discs.

Key words

Single photon emission CT (SPECT)

Three-dimensional analysis

Ventricular wall motion

東京都養育院付属病院 核医学放射線

東京都板橋区栄町 35-2 (〒173)

*(現)筑波大学 核医学放射線

**虎の門病院 放射線科

東京都港区虎の門 2-2-2 (〒105)

Department of Nuclear Medicine and Radiological
Sciences, Tokyo Metropolitan Geriatric Hospital,
Sakae-cho 35-2, Itabashiku, Tokyo 173

*(present address) Department of Nuclear Medicine,
Tsukuba University

Received for publication November 30, 1984; accepted January 10, 1985 (Ref. No. 29-K4)

はじめに

放射性医薬品投与による核医学心機能検査法は、非侵襲的検査法として、循環器領域における利用が増している。X線検査法に比べ、画質の点で劣ってはいるが、シングルフォトン・エミッションCT (SPECT) の導入に伴い、3次元画像が得られるようになり、より正確な画像診断が可能となってきた。我々は赤血球標識 Tc-99m を用いてマルチゲート心プール SPECT 画像を作成し、3次元画像表示法を開発した。

対象と方法

1. データ採取および対象

ピロリン酸投与20分後に約20 mCiのTc-99mを静注し、赤血球体内標識法により、マルチゲート心プール SPECT 画像を採取した。装置には回転型ガンマ・カメラ(ZLC-7500)および付属コンピューターシステム(シンチパック2400)を用いた。角度サンプル $180^\circ/32$ 、リニアサンプル64、イメージ・サイズ 64×64 、1心拍当り12~20ゲート、1角度当り1~2分間積算の方法でデータを採取した。画像再構成はShepp & Loganフィルターを用いたフィルタードバック・プロジェクション法を用い¹⁾、吸収補正は行わなかった。1断面の厚さはおよそ6 mmである。

正常者、肥大型心筋症(HCM)、拡張型心筋症(DCM)各1例、心筋梗塞症2例を対象としたが、本論文では正常者、肥大型心筋症、心筋梗塞症各1例を呈示する。

2. 3次元画像表示法

体軸横断層画像から左心室長軸に垂直な短軸断層画像(short-axial image)を再構築した(Fig. 1)。心基部から心尖部までの各断面の画像から、左右心室の辺縁を等計数法で自動抽出した。閾値は左右心室それぞれの最大計数の50%値とした。抽出した辺縁座標(x, y)を面積中心を原点とした(r, θ)座標に変換し、5次フーリエ関数で近似、平滑化を行ったあと²⁾、元の(x, y)座標に戻し、心

基部から心尖部までの辺縁を一定の角度と間隔でならべて、CRT上にカラー表示した。

結 果

正常者の左右心室3次元画像をFig. 2に示した。左側が拡張終期、右側が収縮終期の画像である。それぞれ左が右心室、右が左心室である。左右心室の位置関係、収縮に伴う中隔壁厚や心室形態の3次元的変化などを、直接視覚でとらえることができる。これに対し、Fig. 3に示した肥大型心筋症例では、中隔壁厚が正常例に比べかなり肥厚していることがわかる。しかし、収縮機能は良好で、本症例の特徴をよくとらえている。Fig. 4には、正常者(左側)と下壁梗塞症例(右側)の左心室画像を比較して示した。拡張および収縮終期画像を重ね合わせて表示することにより、局所壁運動異常部位とその広がり、を、3次元的に鮮明にとらえることができた。

考 察

3次元画像表示法により、生体における心機能をより实际的、視覚的に理解できるようになった。また、辺縁を抽出して表示したことにより、左右心室の局所壁運動、中隔の厚さ、左右心室の相対的運動を明確に解析できる。同じ手法により、長軸や面積中心を抽出し3次元表示することも可能である。

ここでは、拡張終期と収縮終期のみを表示したが、各時相の3次元画像を作成し、シネ表示することもできる。これにより、核医学画像を見られないものにとっても、さらに理解しやすくなると思われる。今回行った回転型ガンマカメラによるマルチゲート心プール SPECT 法は、データ採取に30分から1時間を要するので、患者に与える負担が少なくない。リング型 SPECT 専用装置を使用して、短時間でさらに画質の優れた画像を得ることが望ましい。

SPECT 画像再構成は吸収補正を行わなかったが、補正することにより、検出器からの距離が大

きな部位, すなわち, 心基部に近い部位での左右心室の分離がより明確になると考えられる。

通常, X線シネアンジオや超音波画像の3次元表示が左心室のみを行っているのに比べ^{3,4)}, 本法は, 非観血的かつ簡便に両室造影を行って3次元表示が同時にできる利点があり, 中隔壁厚や心ポンプ運動に伴う左右心室の相対運動等を定量的に解析できる。

今回, 辺縁抽出には50%レベルによる等計数法を用いたが, 最適レベルの決定は困難であった。しかし, 短軸断層画像は従来の2次元画像に比べて, バック・グラウンドも低く, 等計数法でも, 多くの場合, 失敗なく決定できた。

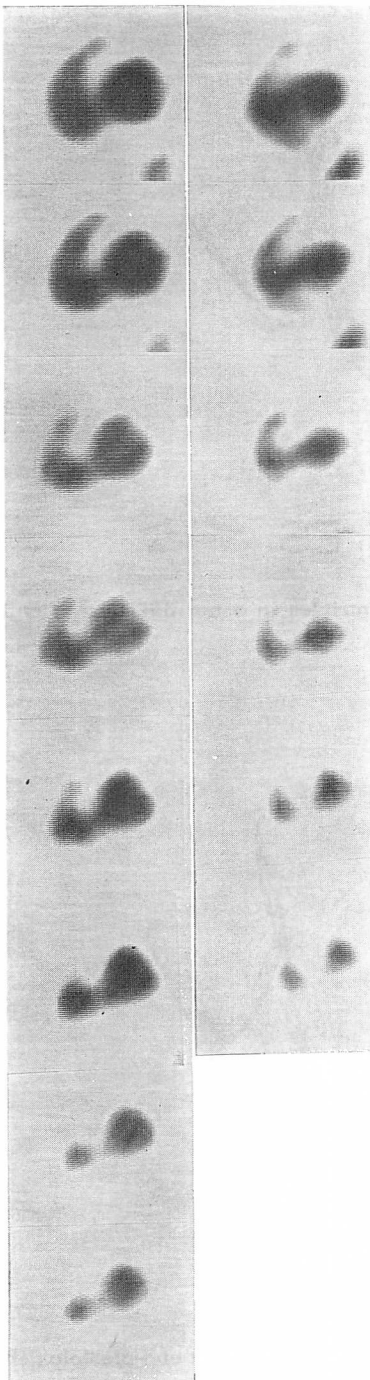
本法は左右両心室の壁運動を3次的に解析できるものであり, 局所壁運動異常や心筋の形態異常のある疾患の分析に有用なばかりでなく, 今後, 心室の運動生理学的解明にも応用しうるものと考えられる。

結 論

短軸断層画像から等計数法により辺縁自動抽出を行い, 左右心室の3次元画像表示を行った。本法は, 非侵襲的に左右心室を同時に造影できる点が, 他の方法に比べ優れている。したがって, 左右心室の相対的動きや心室中隔の診断に有効である。今後症例を重ねて検討したい。

要 旨

赤血球体内標識 Tc-99m によるマルチゲート心プール・シングルフォトン・エミッション CT (SPECT) 画像の3次元表示法を開発し, 臨床応用を試みた。回転型ガンマーカメラを左後斜位 45° から, 右前斜位 45° まで 32 ステップで回転し, 1 角度当り 1~2 分間, 1 心拍当り 12~20 ゲートのデータ採取を行った。Shepp & Logan フ



← Fig. 1. Short-axial images of the left and right ventricles at end-diastole (left) and end-systole (right).

Basal (top) to apical (bottom) sections are shown.

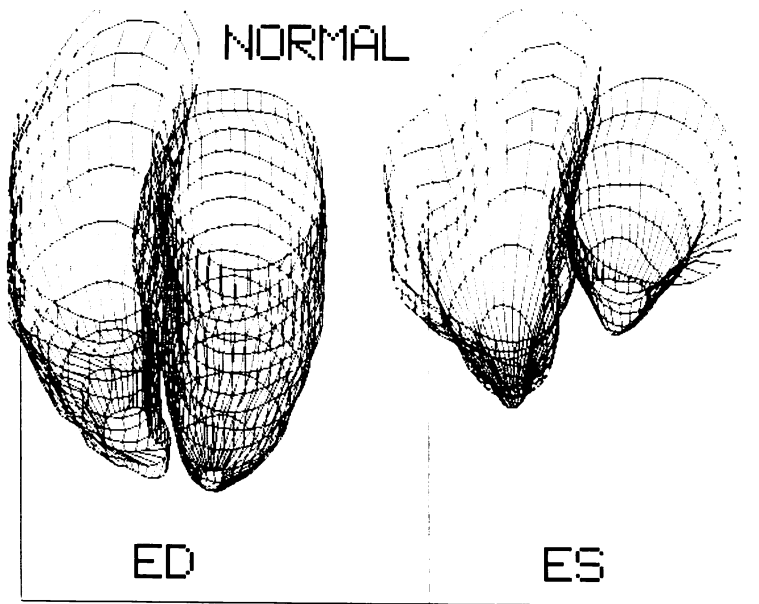


Fig. 2. Simultaneous display of the left and right ventricles in a normal case at end-diastole (left) and end-systole (right).

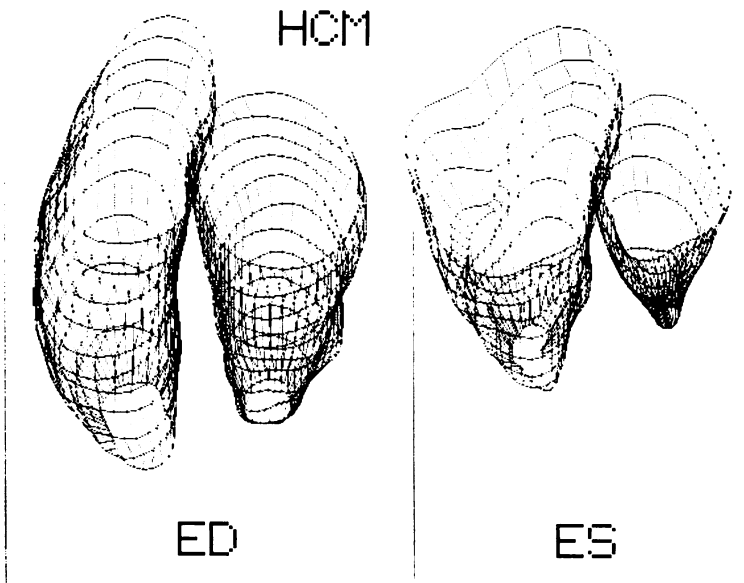


Fig. 3. Three-dimensional display of both ventricles in a case of HCM at end-diastole (left) and end-systole (right), respectively.

Thickening of the interventricular septum is apparent.

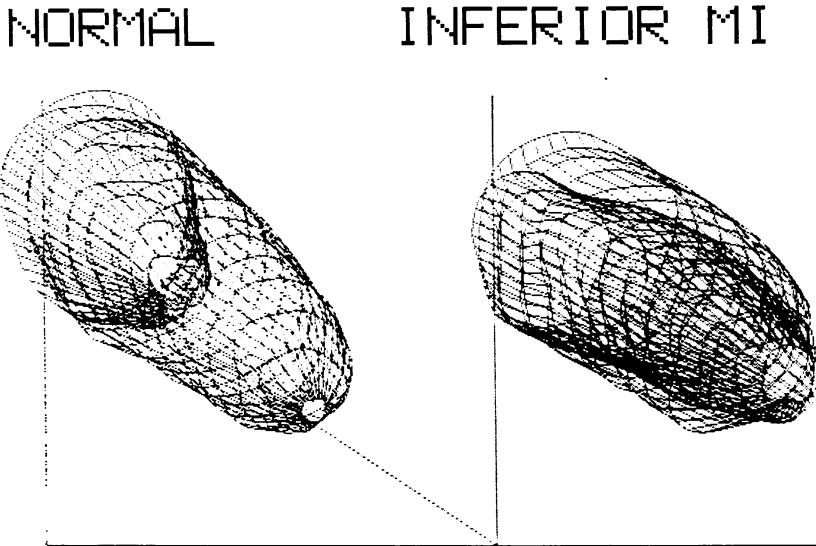


Fig. 4. Superimposed display of the end-diastolic and end-systolic left ventricles in a case of normal control (left) and a case of inferior infarction (right).

フィルターによる重畳積分法を用いて、横断層画像構築後、再び短軸断層画像を作成した。短軸断層像の各断面において、等計数法(最大値の50%値)による左右両心室の自動辺縁検出を行い、ディスクファイルに記録した。各断面の辺縁は、面積中心を原点とする (r, θ) 座標に変換後、5次Fourier関数で平滑化し、再び (x, y) 座標に戻した。このようにして求めた各断面の辺縁や面積中心を、深さ方向 (z) に一定の角度と間隔において並べ、3次元表示した。より立体的に見えるように、各辺縁を等分割して、断面間で同一点を通る線をひいた。左右心室の同時表示、拡張・収縮終期の重ね合わせ表示、異なる症例間の同時表示を可能とした。

正常者、下壁心筋梗塞、肥大型心筋症の各症例の3次元画像を示した。正常者の左心室では、長軸の長さが半分以下、かつ一様に収縮した。下壁心筋梗塞症例では、拡張・収縮終期の長軸の長さはあまり変化せず、梗塞部に一致して不動部(akinesis)が見られた。肥大型心筋症例では正常例に比べ中隔壁が著しく肥厚していた。本法では、

生体の心機能を非侵襲的に、3次元画像としてとらえることができる。左右心室を同時表示することにより、中隔壁厚や左右心室の相対的動き等も鮮明に診断できる。また、辺縁・面積中心、長軸等をディスクファイルに記録してあるため、心室容量、心拍出量等の定量が簡単にできる。

文 献

- 1) Shepp LA, Logan BF: The Fourier reconstruction of a head section. IEEE Trans NS NS-21: 21-43, 1974
- 2) 外山比南子, 村田 啓, 間島寧興, 山田英夫: 三次元ダイナミック・パターンによる局所心機能解析法. 核医学 21: 1421-1427, 1984
- 3) Eiho S, Yamada S, Kuwahara M: 3-dimensional display of left ventricle by biplane X-ray angiograms and assessment of regional myocardial function, MEDINFO 80, 1093/1097, North Holland Publ 1980
- 4) Eiho S, Kuwahara M, Asada N, Sasayama S, Takahashi M, Kawai C: Reconstruction of 3-D images of pulsating left ventricle from two-dimensional sector scan echocardiograms of apical long axis view. Computers in Cardiology 1981, 19/24, IEEE Computer Society 1982