

CT を応用して計測した各  
心時相における心断面積変  
化：その臨床応用

Change of cardiac sec-  
tional area in each car-  
diac phase assessed by  
CT images: Clinical  
application

渡辺 滋  
湯村 保夫  
諸岡 信裕  
吉田 秀夫  
宿谷 正毅  
増田 善昭  
稲垣 義明

Shigeru WATANABE  
Yasuo YUMURA  
Nobuhiro MOROOKA  
Hideo YOSHIDA  
Masaki SHUKUYA  
Yoshiaki MASUDA  
Yoshiaki INAGAKI

**Summary**

Changes of cardiac sectional areas in each cardiac phase were studied by obtaining electrocardiogram (Ecg) synchronized cardiac CT with a JEOL's dynamic scanner which is a low-dosage X-ray imaging system of the third generation. As a method of Ecg synchronized CT, there are 2 methods; Ecg gating method and data sorting method. The latter one was used in the present study. By carrying out 8-10 times scannings for 11 msec per one scan on the middle position of the left ventricle and dividing each cardiac cycle every 40 msec, the reconstructed CT images in each cardiac phase of the period of 120-160 msec were obtained (Fig. 1).

Total cardiac area and 4 regional cardiac areas in each CT image were calculated by setting up cardiac position and window level (Fig. 3).

Three normal subjects, 8 patients with myocardial infarction and 3 patients with hyperkinetic heart underwent this examination.

The maximum rate of changes of total cardiac area  $[(ED-ES)/ED]$  was largest in hyperkinetic heart and smallest in myocardial infarction. Regarding maximum rate of change of regional cardiac areas, the left posterior part was largest in normal subjects and hyperkinetic heart patients, however, movement of the part almost coinciding with infarcted region was small in myocardial infarction (Fig. 8).

**Key words**

Ecg synchronized cardiac CT      Data sorting method      Cardiac sectional area

千葉大学医学部 第三内科  
千葉市亥鼻 1-8-1 (〒280)

The Third Department of Internal Medicine, Chiba  
University School of Medicine, Inohana 1-8-1, Chiba  
280

Presented at the 17th Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Sendai, October 20-21, 1978  
Received for publication December 9, 1978

## はじめに

X線診断分野において, 最近著しい発展を示しているものにコンピューター断層法 (computed tomography, CT) がある. しかし, 本法はこれまで主として頭部の診断に応用されてきたものであり, 全身用 CT 装置が利用されるようになったのはこの 1~2 年である. 特に, 心血管系では運動性が大きいので, その使用に当たっては十分な検討が必要である.

私達は, これまでに心臓の CT 像について種々の検討を加えてきたが<sup>1,2)</sup>, 今回心電図同期 CT 像を利用し, 1 心周期における心断面の経時的变化を検討したので報告する.

## 方 法

使用した JEOL dynamic scanner は **Table 1** のような仕様を持つ第 3 世代の全身用 CT 装置であり, 他装置と比較すると 1 スライス当たり被曝線量が極めて少なく, 心電図同期が可能であるという特徴をもつ. CT による心臓の静止像を得るには, 1/10 秒以下で撮影できる装置が望ましいが, このような瞬間撮影の可能な装置はまだ開発段階であり, 現在これに代わってつぎのような 2 つの方法がとられている. すなわち, 1 つは心電図ゲート方式であり, 心電図の R 波から任意の

時間後に一定の時間的ゲートを設け, このゲート内のデータを用いて CT 像を得る方法であり, これについてはすでに報告している<sup>3)</sup>. 他の 1 つはデータ整理方式 data sorting method と呼ばれる方法で, データは心拍コードとして 1 scan 中の各心周期を, 心電図 R 波から 40 ミリ秒単位ごとに X 線透過線量とともにコンピューターに収められ, scan を繰り返し行い十分量の原データを蓄積し, その中からある時相のデータのみを集めて CT 像を得る方法である<sup>4)</sup>. 今回の研究については, このデータ整理方式を用いた. 本法は, Harrell<sup>5)</sup> の方法に類似しているが, それよりもさらに短い心時相時間の CT 像を得ることができる.

検査にさいして, あらかじめ X 線透視にて左第 4 弓中央部に一致する前胸壁に印をつけ, 同部位にて, 仰臥位, 深吸気位の心電図同期スキャンを 1 回に 11 秒間かけ 8 ないし 10 回繰り返して原データを収集した. 本器の場合, 各 scan 間隔に約 2 分を要するので, 全体で 20 分程度のデータ収集時間が必要であるが, 前法のゲート方式と比較すると, 一旦データが集まれば任意の心時相における CT 像を 40 ミリ秒間隔で何枚でも得ることができる利点を持つ. このようにして集めた原データから, 画像の位置の安定した 6 ないし 8 枚のスライスのデータを利用する. この方式による単位時間 (cardiac segment) は 40 msec である

**Table 1. Outline of JEOL's dynamic scanner**

Scan time	5, 10, 20, 80 msec
Calculation time	Within 180 msec
CT number	-500 (Air)~0 (Water)~+500 (Bone)
Matrix	160×160
Gray scale	16 levels
Slice thickness	5, 10 mm
Picture element cell size	1.6×1.6, 2.7×2.7 mm
Window width	9 stages selectable
Window level	-500~+500
Skin X-ray dosis	Under 50 mrad/1 slice
Scan method	X-ray microbeam scanning, 230° rotation
X-ray generator	Flying spot X-ray generator, 140 KV, 7 mA
Detector	Crystal line detector, NaI
ECG synchronization	Possible

## Data-sorting by ECG codes

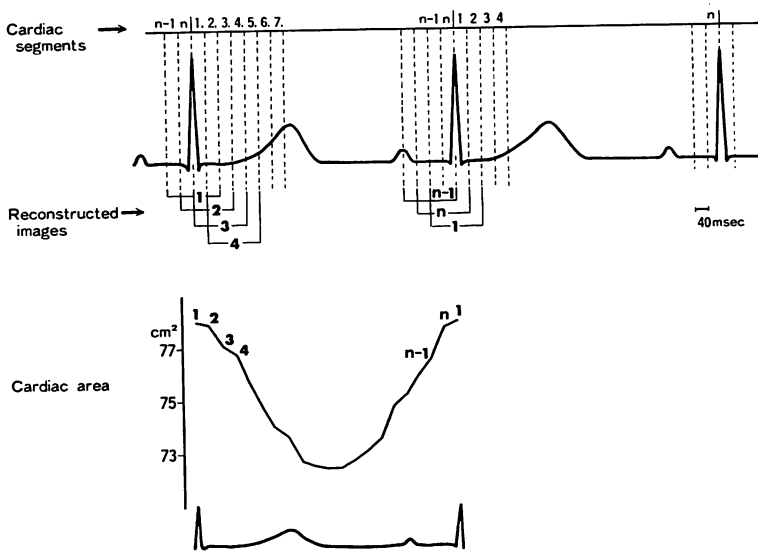


Fig. 1. Data sorting method for Ecg synchronized cardiac CT.

が、現在のところコンピューター容量の関係により、40 msec 間隔の CT 像を得るにはデータ不足のため、今回は隣接する 3 ないし 4 個の segment、すなわち、120~160 msec 範囲の原データにより、静止 CT 像を再構成することにした (Fig. 1)。Fig. 2 は 44 歳、健常男子の例で、この場合 R-R 間隔は 920 msec なので、160 msec 幅の CT 像を 40 msec ずつずらして行き、合計 23 枚の CT 像で 1 心周期となっている。

つぎに、これら各時相における CT 像から心断面面積を求めた。本装置では、マトリックスは  $160 \times 160$ 、1つのピクセルサイズは 26 cm スキャン幅で  $1.6 \times 1.6$  mm、43 cm スキャン幅で  $2.7 \times 2.7$  mm である。まず、関心領域として心臓の位置する X 座標と Y 座標を求め、つぎに関心レベルとして心臓に相当するある範囲の CT 値を決め、その両者から関心領域内のある CT 値レベルのピクセル数をコンピューターにより計算し、ピクセルサイズから面積に換算した。さらに、

その心陰影を、左前、左後、右前、右後に 4 分割し、部分的な心断面面積についても観察した。このさい本来ならば、各房および各室についておのの関心領域を設定したいところであるが、現段階ではこれらの識別が困難なため、今回は以上のように 4 つに区分した (Fig. 3)。

## 対 象

健常者群 3 例 (平均年齢 32 歳)、心筋梗塞群 8 例 (平均年齢 54 歳) で、その内訳は前壁梗塞 6 例、後下壁梗塞 2 例である。Hyperkinetic heart 群は 3 例 (平均年齢 41 歳) で、そのうち甲状腺機能亢進症 2 例、貧血症 1 例である。

## 結 果

おののの症例を示す。Fig. 4 は 31 歳健常男子で、心拍数 52 の洞性徐脈の元サッカー選手である。最上段は全心断面面積変化曲線で、ごく大まかに等容収縮期、収縮期、等容拡張期、急速充え

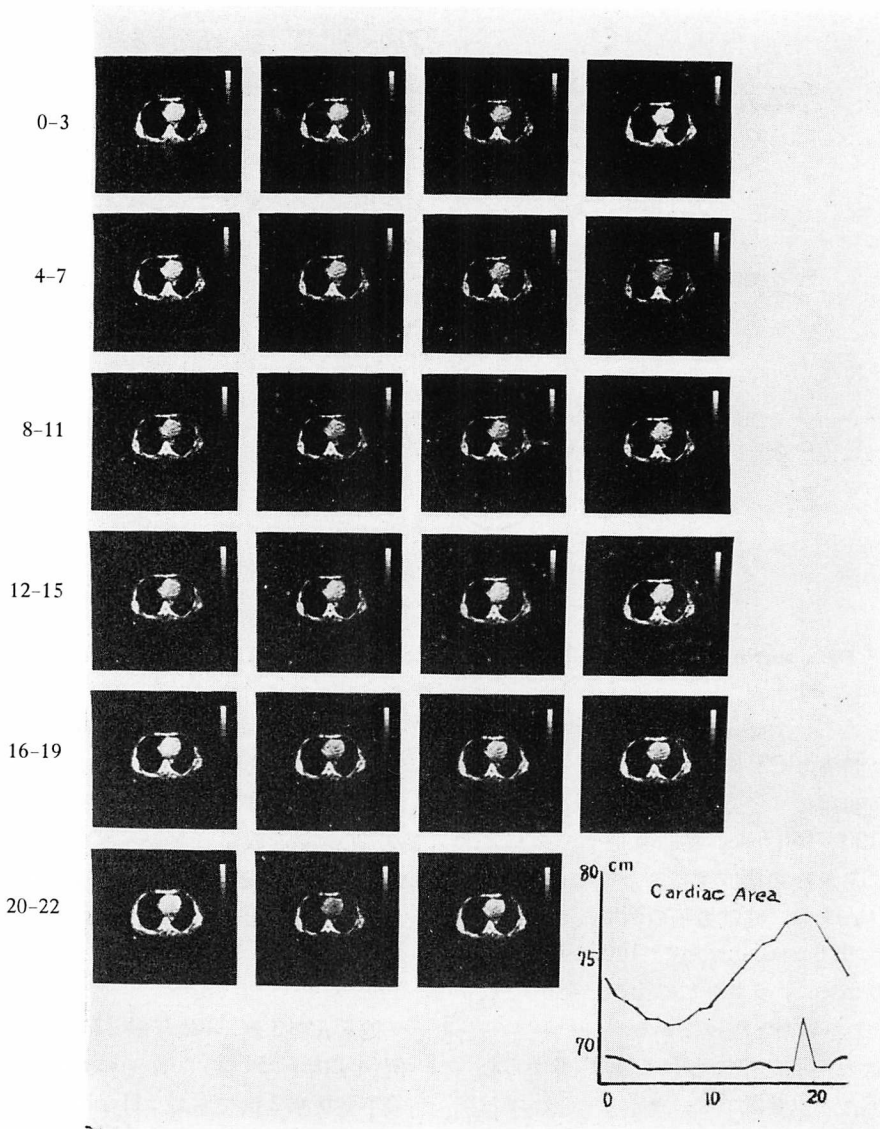


Fig. 2. An example of changes of cardiac CT images in each cardiac phase by data sorting method (U. G., 44 y., normal male).

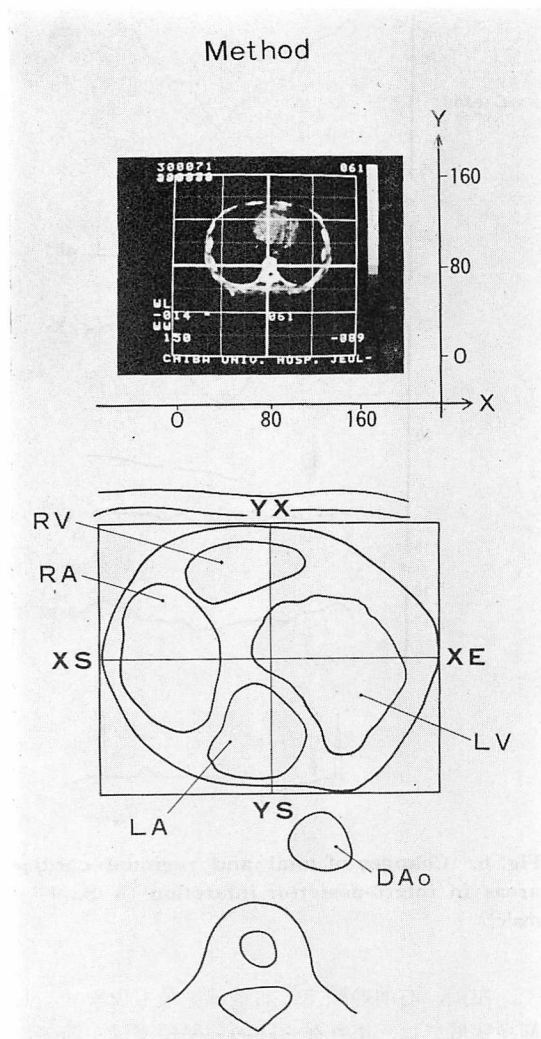


Fig. 3. Cardiac position and four cardiac regions and measurement method.

RA=right atrium; RV=right ventricle; LA=left atrium; LV=left ventricle; DAo=descending aorta.

い期、および緩徐充えい期に相当する部分がみられる。拡張期の最大面積 (ED) は心電図の R 波上に、収縮期の最小面積 (ES) は、T 波頂点から 40 msec 後方に当たり、その変化率 (ED-ES/ED) は 11.6% である。

つぎに、4 分割した各部分の変化をみると、左後、すなわち左室後壁を含むと思われる部分の動

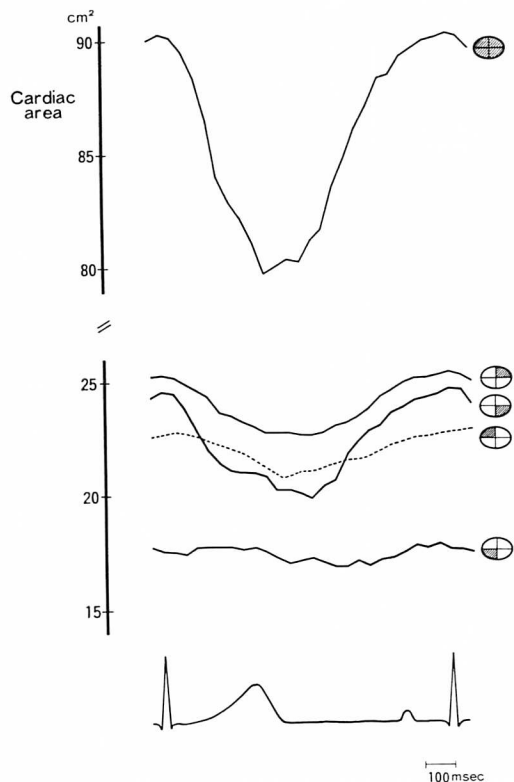


Fig. 4. Changes of total and regional cardiac areas in normal subject (H. Y., 31 y., male).

きが最も大きく、ついで左前、右前の順であり、それらは3者ほぼ同じようなパターンを示している。しかし、両房からなると思われる右後の部分の動きはほとんどみられない。Fig. 5 は 49 歳男子、前壁中隔梗塞発症後 4 ヶ月目の例で、心電図上、いわゆる、心室瘤を疑わせる ST 部分の上昇のみられた例であるが、心全体の動きの変化率は 2.8% で、正常に比べて非常に少なく、特に左前の部分は収縮期に増大し、いわゆる奇異性運動のあることを示している。左後部の変化率は 10.8% で健常群と変わらない。Fig. 6 は 43 歳男子、後下壁梗塞例で、やはり心全体の動きは悪く、部分的には最も大きな動きを示すべき左後部の動きは左前部より低下している。Fig. 7 は 55 歳男子、胃潰瘍出血による急性貧血 (赤血球 260 万/mm<sup>3</sup>,

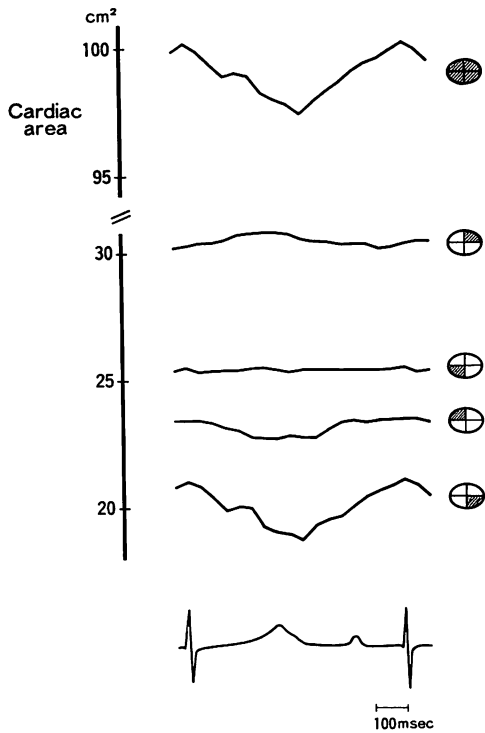


Fig. 5. Changes of total and regional cardiac areas in antero-septal infarction (R. A., 49 y., male).

The left anterior region shows paradoxical movement.

血色素 8 g/dl) 例で, 全体に動きの大きいことが示されている。

今回, 心断面積変化率を心室造影の ejection fraction と同様に [拡張末期断面積 (ED)-収縮末期断面積 (ES)] ÷ 拡張末期断面積 (ED) で示したが, もとよりこの値は両心室, 両心房を込みにした値であり, また 120~160 msec 範囲の平均値であるので, 実際の最大変化率とはかなり違った値である。この値を臨床上でのように応用して行くかは, 今後検討すべき問題であるが, 今回は心断面積変化率を疾患別に検討してみた (Fig. 8). 全心断面積変化率の平均値は hyperkinetic heart 群 10.3%, 健常群 9%, 心筋梗塞群 3.2% であった。各部分別にみると, 全群で左後部が最も大き

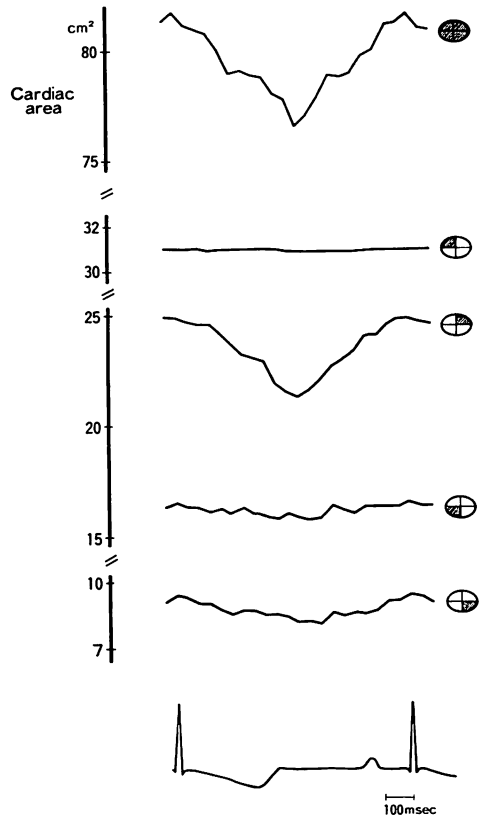


Fig. 6. Changes of total and regional cardiac areas in infero-posterior infarction (N. S., 43 y., male).

く, 左前, 右前の順で, 右後部が最も少ない。心筋梗塞群では, 小さな・印の前壁梗塞は左前部で動きが少なく, 左後部で大きい。また, -2.2% の・印は奇異性運動を示した症例である。◎印の後下壁梗塞例では, 左後部の動きは左前部よりも小さく, また hyperkinetic heart では健常群と比較して左後部の動きが特に大きい。

#### 考 案

心臓の動きを image として分析するには, これまで左室造影法, 超音波断層法, RI アンギオグラフィーなど幾つかの検査法が試みられている。新しい方法として, ここではデータ整理方式によ

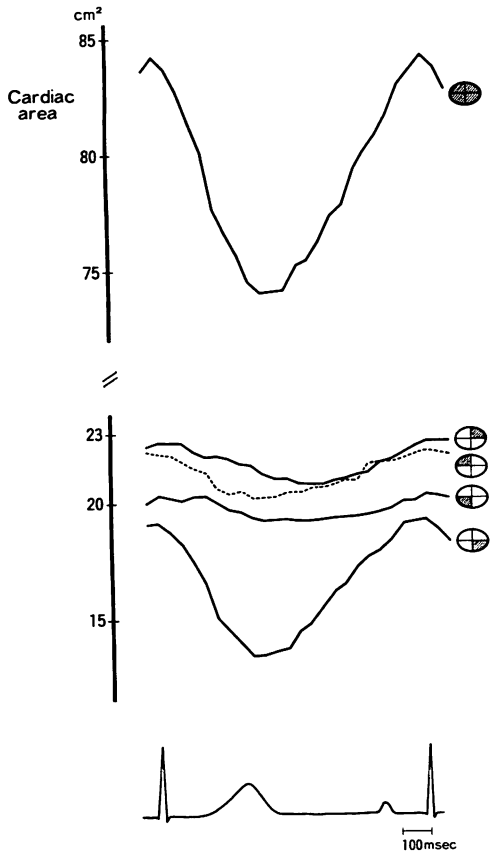


Fig. 7. Changes of total and regional cardiac areas in hyperkinetic heart (severe anemia) (K. H., 55 y., male).

る心電図同期 CT 法を示した。本法によれば、40 msec 間隔で種々の心時相における CT 像を容易に得ることができ、それらの CT 像から心陰影面積を付属コンピューターにより算出し、その値をプロットすると心断面積曲線が描かれる。

検査自体は 10 スライスを約 20 分で撮影完了し、全く非浸襲で、かつ検査部の X 線被曝線量は 0.5 rad 以内、すなわち、胸部 X 線写真 2 枚程度の線量で済み、経時的に繰り返し検査できる利点を持つ。しかし、データ処理上、再構成される像は現在 120~160 msec 範囲の平均的な像であり、また 両心房、両心室の識別も明確ではない。

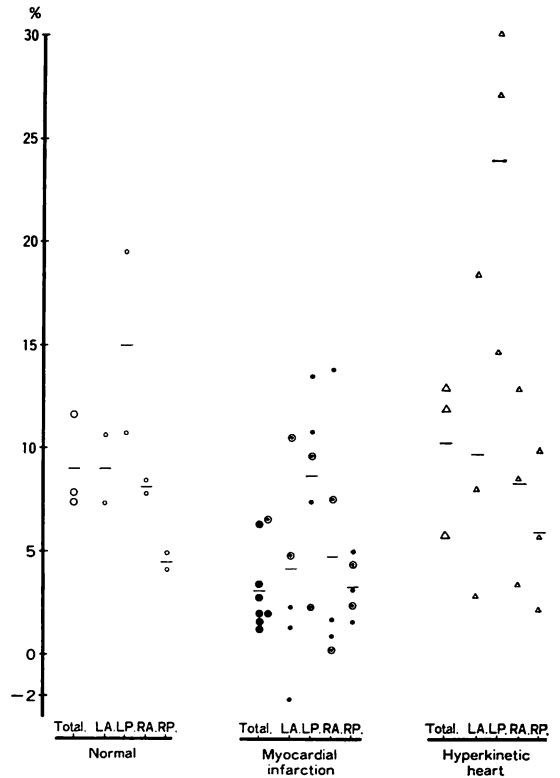


Fig. 8. Maximum rate of changes of total and regional cardiac area (end-diastole—end-systole/end-diastole).

• = anterior infarction; ⊕ = posterior infarction; -2.2% = a case of paradoxical movement; LA = left anterior; LP = left posterior; RA = right anterior; RP = right posterior.

しかし、これらの欠点は前者に関してはコンピューター容量を増すことにより、後者についてはヨード剤静注による造影法や、房室間溝、室間溝の位置を利用することによって、将来は、より精密な各房、各室の断面積の変化の観察も可能になると思われる。

今回は、全心断面積および心陰影を、前後、左右に 4 分割した部分的断面積の変化曲線の作成を行ったが、それによれば駆出期、拡張期（急速および緩徐充えい期）と、大まかではあるが等容収縮期、等容拡張期に相当する部分がみられた。こ

渡辺, 湯村, 諸岡, ほか

の変化曲線上, 心房収縮の影響によると思われる所見はみられなかった. これは 120~160 msec の平均的な像によるためかも知れない. 拡張末期および収縮末期の心断面積から, 平均的な最大変化率を求めると, 当然のことながらも, hyperkinetic heart 群, ついで健常群, 心筋梗塞群の順に変化率が少なくなっていくことも観察された. 特に心筋梗塞群では, その梗塞部位にほぼ一致する分割部分の動きの少ないこと, さらには奇異性運動を示す例もみられ, 梗塞部位の診断に役立った.

今回の研究はまだ症例も少なく, 臨床的な新しい方法を報告しただけに終わったが, 今後技術的な改良とともに症例を重ね, 本法の新しい臨床応用の意義を検討していきたいと考えている.

#### ま と め

データ整理方式による心電図同期 CT 像から, 種々の心時相における心断面積の変化を各種心疾患において観察し, この方法が心運動分析に有用

であることを示した.

#### 文 献

- 1) 増田善昭, 渡辺 滋, 諸岡信裕, 稲垣義明, 木下安弘, 内山 暁: The study of computed tomography of human heart. 第8回世界心臓学会発表. VIII World Congress of Cardiology, Abstracts-1: 543, 1978
- 2) 増田善昭, 渡辺 滋, 稲垣義明, 内山 暁, 有水昇, 館野之男, 渡辺英二: JEOL dynamic scannerによる心血管 CT 像について. 呼吸と循環, 26: 439-445, 1978
- 3) 増田善昭, 村木 登, 山崎 茂, 渡辺 滋, 稲垣義明, 内山 暁, 大野 博, 有水 昇, 渡辺英二: 低線量 X 線撮像システムによる心の高速度 CT 像について. J Cardiology 7: 589-597, 1977
- 4) 内山 暁, 有水 昇, 館野之男, 藤井 正: データ整理法による心拍同期 CT. 第1回シンポジウム CT の物理技術的諸問題. 報文集. B19-B20, 1978
- 5) Harell GS, Guthaner DF, Breiman RS, Morehouse CC, Seppi EJ, Marshall WH, Wexler L: Stop-action cardiac computed tomography. Radiology 123: 515-517, 1977