

左室容積，左室壁厚の計測 における心電図同期心臓 CT法の有用性

Usefulness of ECG gated cardiac computed tomography in measurement of left ventricular volume and wall thickness

神保 正樹
杉本 恒明
浦岡 忠夫
余川 茂
井内 和幸
秋山 真
金木 英輔
能沢 孝
二谷 立介*
瀬戸 光*

Masaki JINBO
Tsuneaki SUGIMOTO
Tadao URAOKA
Shigeru YOKAWA
Kazuyuki IUCHI
Makoto AKIYAMA
Eisuke KANAKI
Takashi NOZAWA
Ryusuke FUTATSUYA*
Hikaru SETO*

Summary

Electrocardiogram gated cardiac computed tomography (CT) was performed to evaluate the usefulness in the measurement of left ventricular volume and left ventricular wall thickness in 25 patients; five with angina pectoris, five with old myocardial infarction, eight with hypertrophic cardiomyopathy, four with dilated cardiomyopathy, and three healthy men. The left ventricular volume was calculated as the sum of the volume of each slice, which was area times thickness of the slice. The left ventricular wall thickness was measured in reconstructed short-axis view at the level of the mitral valve and papillary muscle. The left ventricular volume and left ventricular wall thickness determined by CT were compared with that by left ventriculography (LVG), and that by two-dimensional echocardiography (2DE), respectively.

The following results were obtained.

1. There were good relationships between left ventricular volume, end-diastolic volume, end-systolic volume, ejection fraction by CT and those by LVG, but left ventricular volume by CT was smaller by about 20% than that by LVG.
2. In the measurement of stroke volume, no relationship was recognized between CT and LVG.
3. Concerning the measurement of left ventricular wall thickness, more available figures were obtained by CT than by 2DE, particularly at the apical region, lateral wall, and posterior wall. In

富山医科薬科大学 第二内科
*同 放射線科
富山市杉谷 2630 (〒930-01)

The Second Department of Internal Medicine,
*The Department of Radiology, Toyama Medical and
Pharmaceutical University, Sugitani 2630, Toyama
930-01

Received for publication July 11, 1983 (Ref. No. 26-50)

the other segments of the left ventricle, CT was also more suitable for the measurement of the wall thickness.

4. Interventricular septal thickness was correlated between reconstructed short-axis view of CT (Y) and transverse view of CT (X), and the equations $Y=0.66X+2.13$ ($r=0.79$) at the mitral valve level, and $Y=0.56X+3.00$ ($r=0.81$) at the papillary muscle level were obtained. Therefore, reconstructed short-axis view should be used for the measurement of the left ventricular wall thickness not to overestimate the thickness.

Key words

ECG gated cardiac computed tomography

Left ventricular volume

Left ventricular wall thickness

はじめに

左室機能を評価するためには、現在左室造影法 (LVG) を中心に、心エコー図法 (2DE) や核医学的検査などが行われており、左室壁厚の評価には 2DE が主に用いられているようである。近年、CT 法が心臓領域で活用されるようになり¹⁻³⁾、ことに心電図同期 CT 法が行われるようになって以来、これが心室内容積解析、心室壁厚評価、さらには心室壁運動の評価にも活用されつつある⁴⁻¹¹⁾。今回、我々は、各種心疾患を対象に、心電図同期 CT 法を用いて左室容積、左室壁厚の計測を試み、これらを従来の LVG, 2DE などの検査で得た結果と比較し、心電図同期 CT 法の有用性について検討した。

対象と方法

対象は 25 例で、年齢は 24~75 歳、平均 50.3 歳である (Table 1)。男性は 17 例、女性は 8 例であった。これら 25 例の内訳は、健常者 3 例、狭心症 5 例、陳旧性心筋梗塞 5 例、肥大型心筋症 8 例、拡大型心筋症 4 例である。これらの対象例はすべて心臓カテーテル検査を 1 週間以内に施行したか、施行される予定であったものであり、また、CT 検査を行う前には、40 秒以上の深呼吸位での呼吸停止が可能であること、胸痛、呼吸困難などの訴えが生じないことなどを確認した症例である。また、心電図上、心房細動、心房性あるいは心室性期外収縮の頻発するものは対象から除い

た。

心電図同期心臓 CT 検査に使用した機種は GE 製 CT/T ハートゲートスキャンである。まずスカウトビューで胸部撮影を行い、スキャンプレーンを決定した。スキャン幅は 10 mm とし、左室上部から左室下部まで十分に観察するため、6~8 スライススキャンした。ゲートスキャンの方法は 6 回連続スキャンである。1 回のスキャン時間は 4.8 秒であり、スキャンとスキャンの間の遅延時間は 1.5 秒であるため、6 回の連続スキャンに要する時間は 36.3 秒となった。このため患者には約 40 秒間の深呼吸気位での呼吸停止を行わせた。6 回のスキャンにより得られた元データは、心電図 RR 間隔を 12 等分した各時相での画像として構成した。

造影剤には 76% ウログラフィンを用いた。ゲートスキャンを開始する直前に予め 20 ml 注入しておき、左室壁、左室内腔が CT でおおむね鑑別できるようにした。この後、各スライスごとにスキャン開始直前、再びウログラフィン 20 ml を bolus 注入して追加した。造影剤の総使用量は 140~180 ml であった。

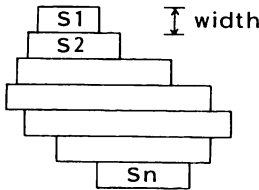
左室内腔と左室壁との辺縁の決定は、以下のように行った。まず、左室上部から左室下部までの各スライスにおいて、左室内腔の任意の 3 点を選び、この CT 値の平均値を左室内腔 CT 値とし、次いで左室壁の 3 点 (心室中隔、心尖部、左室自由壁) の平均 CT 値を左室壁 CT 値とした。これらの平均 CT 値が同一患者では各スライス

Table 1. Subjects of study

Normal heart	3
Angina pectoris	5
Old myocardial infarction	5
Hypertrophic cardiomyopathy	8
Congestive cardiomyopathy	4
Total	25

I) Left ventricular volume

1) CT : $V=(S1+S2+\dots+S_n)\times width$



2) LVG : RAO, area-length method

II) Left ventricular wall thickness

- 1) CT
- 2) UCT

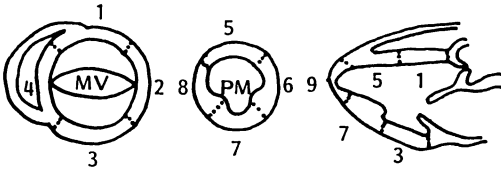


Fig. 1. Methods of measurement of left ventricular volume and left ventricular wall thickness.

CT=computed tomography; LVG=left ventriculography; UCT=two-dimensional echocardiography (2 DE); S1, S2, . . . , Sn=left ventricular area in each transverse section.

間でほとんど変化しないことを確認したのち, 左室内腔 CT 値と左室壁 CT 値との中間の CT 値をもって, 左室内腔と左室壁との境界の CT 値と定めた.

左室容積の測定は CT と LVG とで行った (Fig. 1).

CT では, まず左室内腔面積を各スライスのおおのこの時相で求めた. このためにはそれぞれの

時相における横断像で, 上記の方法で求めた左室内腔と左室壁との境界の CT 値よりも高い CT 値を示す部分を描出させることによる. このようにして得た左室内腔面積にスライス幅 10 mm を乗じたものを, 左室内腔が描出されたスライス分だけ加算することにより, 左室容積を求めた. 各時相の左室容積のうち, 心電図 R 波の位置に相当する左室容積最大のものを左室拡張末期容積 (LVEDV) とし, 左室容積最小のものを左室収縮末期容積 (LVESV) とした. これらより 1 回心拍出量 (SV), 左室駆出率 (EF) を求めた.

LVG による左室容積の計測には左室造影 RAO 30° を用い, Kennedy らの area-length 法を使用して, OSCON 左室容積解析によりその容積を求めた.

左室壁厚の計測には CT と 2 DE とを用いた.

CT での左室壁厚計測は, 左室短軸像を再構成して行った (Fig. 2). 心電図 R 波の位置に相当する左室拡張末期の横断像において, まず, 左室長軸方向にマーカーを入れ, 拡張末期における各スライスはこの長軸方向に再構成することにより, 左室長軸像を描出した. ついで, この左室長軸像の僧帽弁レベルで左室長軸と垂直にマーカーを入れ, 僧帽弁レベルでの左室短軸像をえた. 同様にして, この左室長軸像に乳頭筋レベルでマーカーを入れ, 乳頭筋レベルでの左室短軸像をえた.

2 DE による計測には東芝製 SSH 11 A を用い, 第 3 あるいは第 4 肋間胸骨左縁付近からのアプローチにより得た左室短軸像を用いた. 2 DE での左室短軸像はビデオテープに収められ任意に画像を静止できるものであり, CT で得た左室短軸画像とほぼ同一と思われる左室拡張末期像を描出することとした. CT, 2 DE における左室壁厚の計測は Fig. 1 に示すごとく, 左室壁を 9 つのセグメントに分けて行った. なお, 心尖部の壁厚計測は, CT は最大左室内腔が得られたスライスにおける拡張末期横断像で計測し, 2 DE では心尖部からのアプローチによる四腔断面像, あるいは右

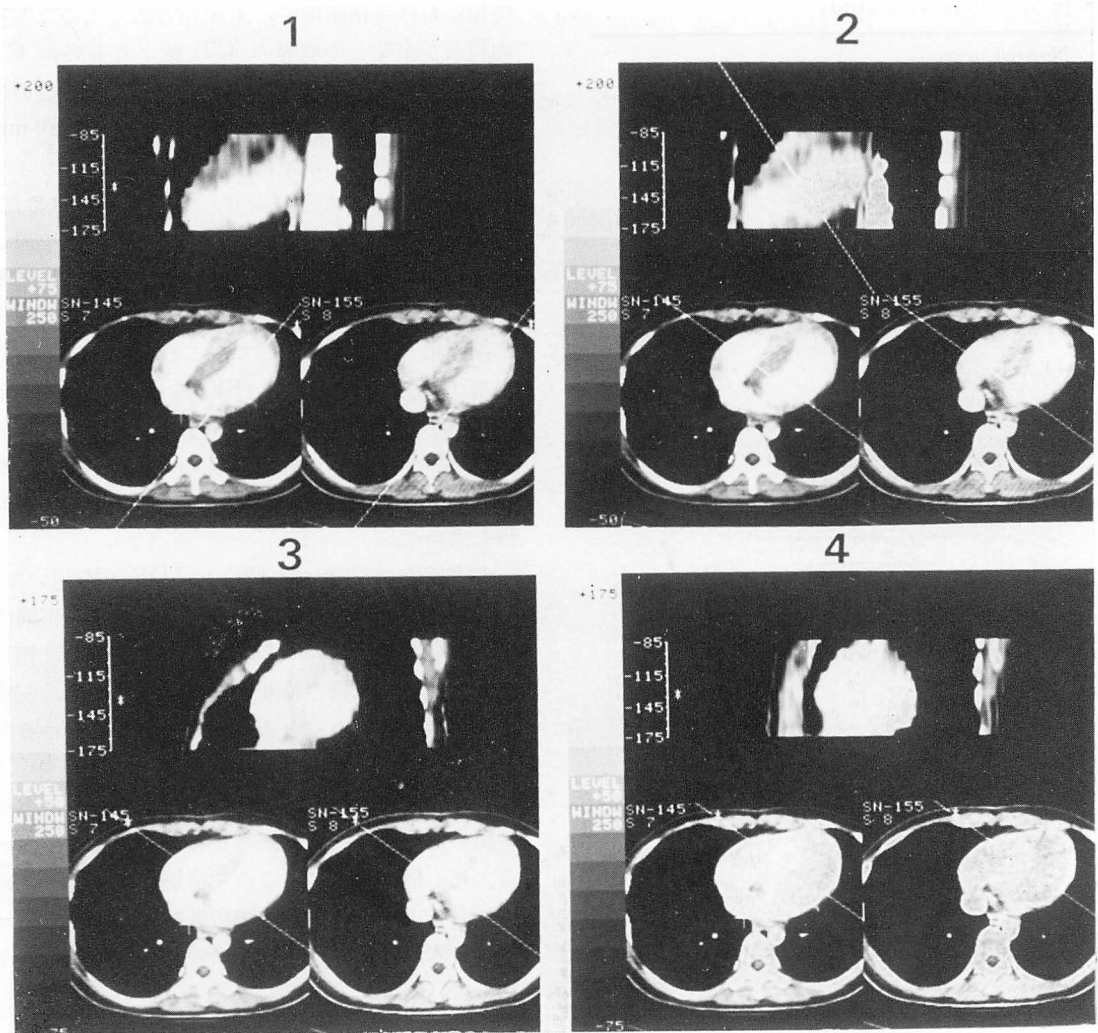


Fig. 2. Method of reconstruction of the short-axis view from the transverse view.

No1: In the lower film, a marker is set in the long axis of the left ventricle in the transverse view. Upper film shows the long-axis view of the left ventricle. No. 2: In the upper film, a marker is set in the long-axis view of the left ventricle at the mitral valve level. Lower film shows the marker position in the transverse view. No. 3: Short-axis view at the mitral valve level is obtained in the upper film. No. 4: Short-axis view at the papillary muscle level is obtained as well by means of upper method.

前斜位像で計測した。

成 績

1. CT, LVG での左室容積の比較 (Fig. 3)

EDV, ESV については, CT と LVG とで得

られた値の間には, それぞれ $R=0.89$, $r=0.92$ と高い相関関係がみられた. CT での値は LVG での値に比べ, 20% 前後小さい傾向があった. 一方, CT と LVG で得た SV 値間には相関はなく, かなりのバラツキを認めた. EF では, 両者

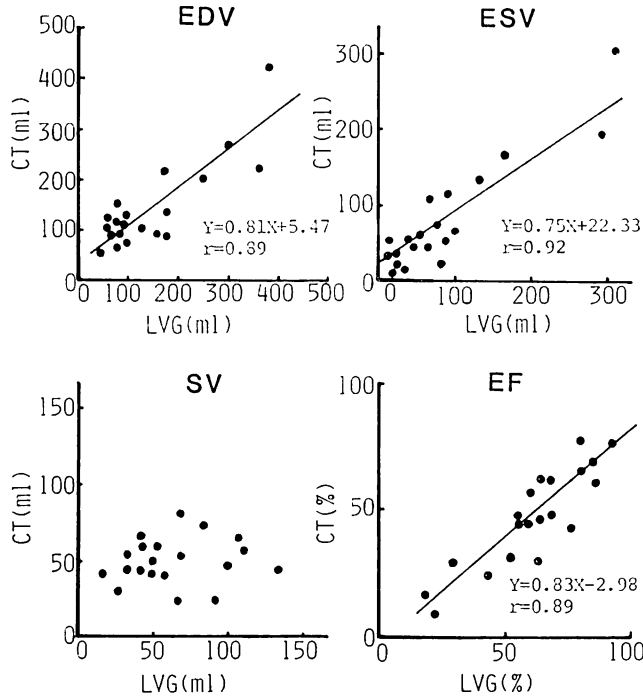


Fig. 3. Correlation of left ventricular volume measured by CT with that by LVG.

EDV=end-diastolic volume; ESV=end-systolic volume; SV=stroke volume; EF=ejection fraction; CT=computed tomography; LVG=left ventriculography.

の間に $r=0.89$ とよい相関がみられた。

2. CT, 2DE での左室壁厚の比較

Table 2 に，左室壁厚計測が可能であるような明瞭な画像が得られた症例数を，各セグメント別に，CT と 2DE とについて比較した。CT を施行例中，体動のため画像に歪みを生じた 3 例は検討から除外した。Seg. 5, 6, 8 は CT, 2DE とともに描出可能であることが多く，20 例で計測可能であった。しかし 2DE で描出できず，CT でのみ描出できたものがそれぞれ 2 例認められた。Seg. 2, 3, 4 では両検査ともに検出できたものはそれぞれ 17, 18, 19 例であったが，CT でのみ検出可能であったのはそれぞれ 5 例，4 例，3 例であった。Seg. 9 では両検査とともに検出可能な画像が得られたのは 14 例と少なく，2DE で検出できなかったものが 8 例と多かった反面，CT では

全例において検出可能であった。Seg. 1 と Seg. 7 においては 2DE で検出不可能であったものが 3 例あり，CT で検出不可能であったものがそれぞれ 4 例，3 例であった。また Seg. 1 では両検査ともに計測可能な画像がえられなかったものが 1 例

Table 2. Number of cases with the figures available for measurement of left ventricular wall thickness

	LV segment								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
CT and 2 DE	14	17	18	19	20	20	16	20	14
CT only	3	5	4	3	2	2	3	2	8
2 DE only	4	0	0	0	0	0	3	0	0
neither	1	0	0	0	0	0	0	0	0

CT=computed tomography; 2 DE=two-dimensional echocardiography; LV=left ventricle.

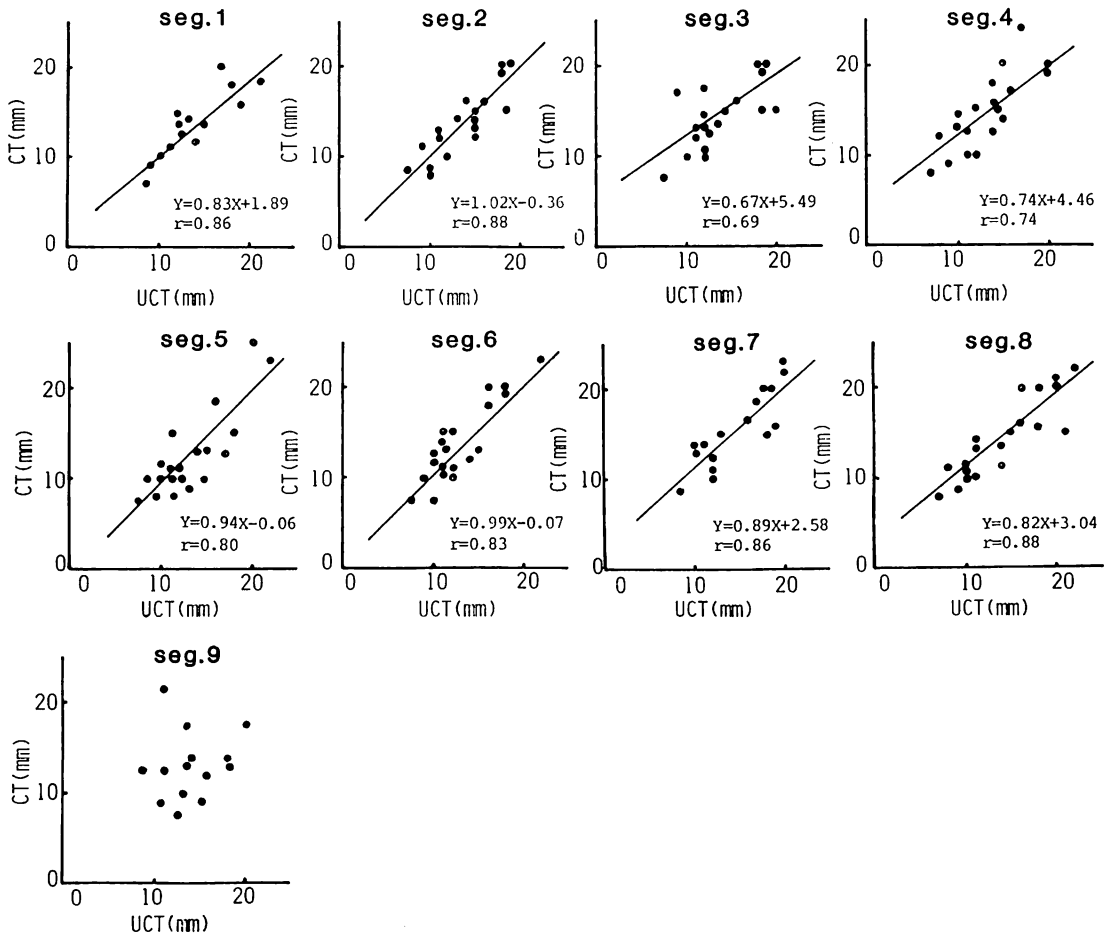


Fig. 4. Correlation of left ventricular wall thickness measured by CT and that by 2DE.
Each left ventricular segment is shown in Fig. 2.

存在した。

以上より、2DEで検出できない部位はSeg. 9, 2, 4に多いが、これらの領域ではいずれもCTにより計測可能な画像を得ることができた。これとは逆にSeg. 1, 7はCTでは描出できなかったがあったが、2DEでは可能となるものがあった。しかし、このような例は多くはなかった。両検査を併用した場合、壁厚計測ができなかったのはSeg. 1での1例のみであり、他の部位においてはそのような例を認めなかった。

両検査において計測された左室壁厚値を、各セ

グメントに分けて、両検査間で比較した (Fig. 4)。Seg. 1, 2, 4~8では、両法で計測した壁厚値は近似した値をとり、良い相関関係があった。Seg. 3では両検査の計測値に多少バラツキを認めた。Seg. 9では非常にバラツキが大きく、両法での壁厚計測値の間には近似する傾向は認められなかった。

3. CTでの左室壁厚計測における横断像と再構成短軸像との比較 (Fig. 5)

通常の横断像と再構成短軸像とにおいて、心室中隔厚の計測値を比較検討した。僧帽弁レベルで

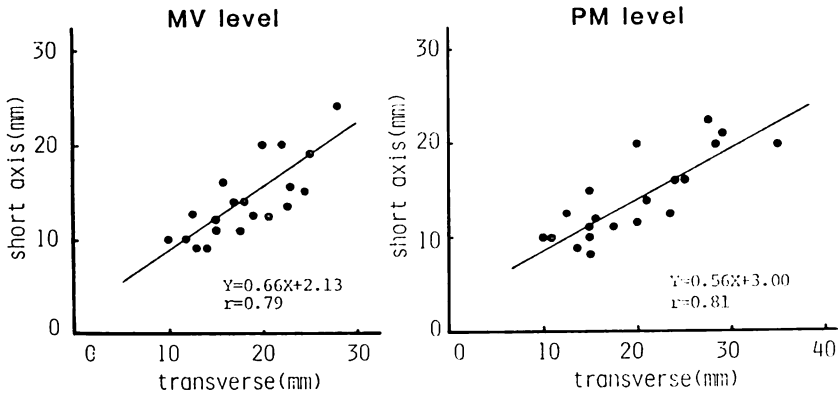


Fig. 5. Correlation of interventricular septal thickness measured in transverse view with that in reconstructed short-axis view by CT.

MV=mitral valve; PM=papillary muscle.

の心室中隔厚値では、4例において短軸像と横断像とでの計測値は同値であったが、他の16例ではすべて横断像で得た値の方が大きかった。短軸像での壁厚値と横断像での壁厚値との間には $Y=0.66X+2.13$ ($r=0.79$)なる直線関係が存在した。乳頭筋レベルではこの傾向はさらに大きくなり、 $Y=0.56X+3.00$ ($r=0.81$)なる直線関係があった。このことは壁厚が厚くなるにしたがい、横断像で得た壁厚値では誤差がより大きくなり、心筋肥大の程度を通常の横断像CTで把握することには、困難があることを意味するものであった。

考 察

心臓領域でのCT検査は、心電図同期CT法の開発により、左室機能、左室壁厚などの定量的な評価に応用されるようになった。しかし、このためにはより鮮明な画像の描出、とくに心室内腔と心筋との分離が、これまで以上に重要となった。心筋壁と心内腔との鑑別のためには造影剤を用いたコントラストエンハンスメントが必要であるが、これを点滴静注で行った場合、心筋と心内腔とのCT値の差は10前後と、大きな差は得られない。しかし、造影剤20~25 mlをbolus注入すると、30~50程度のCT値の違いが得ら

れ、心筋、心内腔を鮮明に鑑別することが可能となるとされている。このようなことから、我々はCTを1スライス行うごとに、造影剤20 mlをbolus注入し、鮮明な画像を得ることができた。この場合、造影剤の注入を反復して6~8スライス行う間に、心筋CT値、心内腔CT値が変動する可能性が生じる。そこで、それぞれの平均CT値を各スライスでみたところ、CT値にほとんど変動がなく、またこれらの中間のCT値についても各スライス間での変化は極めて僅かであり、無視しうることを知った。したがって、我々は心内腔が最も大きく描出された断面を用いて、心室壁CT値と内腔CT値の中間の値を境界CT値とし、その他のスライスでの境界CT値としても用いた。左室容積の計測では、この境界CT値よりも高いCT値の部分をコンピューターに描出させ、左室内腔とした。このような方法は容積解析のとき、乳頭筋をはじめ肉柱などの左室内構造物を除外できるものであり、また、左室前壁、左室後下壁のように、スライス方向と接するような左室部分のわずかな容積を算出するためにも、有用な方法と考えられた。

左室容積の測定では、CTで計測したLVEDV、LVESVはともにLVGでの値に比べ20%前後

小さく得られる傾向があった。この原因としては以下のようなことが考えられた。すなわち、第一に、CTでの容積は加算容積であり、左室内腔を辺縁が平滑な回転楕円体に近似させて考えるLVGに比べ、辺縁部分の容積を算出していない可能性がある。第二に、LVGでは拡張期、収縮期いずれにおいても、乳頭筋部分の容積を除外して計測することは難しく、特に拡張末期像ではほとんど無視して容積解析を行っているのが実状である。一方、CTでは乳頭筋の描出を鮮明にでき、コンピューター解析を行うことにより、乳頭筋部分を完全に除外して容積を求めることができる。第三に、LVGでは造影時、20~30 mlの造影剤を左室内に急速注入するものであり、この分だけ容積が大きく得られる可能性がある。第4にCTでは約40秒間という、LVGに比べ長い呼吸停止を継続することが必要であり、このための心拍出量の低下が影響する可能性がある。最後に、CTでの時相解析はRR間隔を僅か12等分したものであり、1つの時相が約100 msecの平均画像であるために、内腔が小さく描出される。これらの理由でCTとLVGとで容積値の違いが生じるものと思われた。この点はSVを算出した場合には大きく影響し、CTでのSV値の方が全例で小さく得られ、さらにはLVGでのSV値とまったく相関しない結果となった。しかしEFについてみると、SVの僅かな差はEFに大きな影響を与えることはなく、LVGでのEF値と $r=0.89$ なる良い相関がみられた。

これまで左室容積の解析には主にLVGが使われており、ある程度確立された評価を得ていた。しかし、左室内構造物の容積を左室容積から除くことや、壁運動異常がある場合の左室容積の算出の仕方などは、これまでも課題とされていた点である。CTはこれらLVGでの問題点のある程度は解決したこととなり、CTでの値の方が真の左室容積に近い値を示している可能性があると考えられる。今後、さらに精度の高いCTの開発により、正確な心室内容積解析を非侵襲的に行い

るものと思われる。

これまで、左室壁厚の計測のためにはMモード2DEにより主に心室中隔、左室後下壁の心筋壁厚をもって心肥大を判定しており、2DEではさらに左室全体の描出により、心尖部、左室側壁、乳頭筋などを含めて、左室肥大の程度、肥大部位の評価を行ってきた。しかし、2DEをもってしても肥満、胸郭の変形、種々の肺疾患などのため、超音波ビームが十分に到達せず、鮮明な画像が得られないことも多いのみならず、右室内の肉柱のために心室中隔の右室側が明瞭に得られず、心室中隔厚などが過大に、あるいは過小に評価されることは、しばしば経験することであった。心尖部付近、とくに乳頭筋以下についても、その壁厚は2DEでは判定できないことが多く、そのため心尖部肥大型心筋症の判定も必ずしも容易とは言えなかった。これらの点を解決するため、我々は心筋壁厚の程度、部位を把握する上で心電図同期CT法の問題点を検討した。

心電図同期CT法で得た各スライスにつき、その横断像で左室壁を観察してみると、どの横断像においても、心室壁と垂直な位置関係でスライスを切ることは困難であり、横断像で直接心室壁厚を計測した場合、過大評価することが多いと考えられた。我々が左室短軸像を再構成して左室壁厚を評価したのはこの点を考慮してのことである。このためには、各スライスのうち、最も左室内腔の大きな横断像を選び、拡張末期像において左室長軸方向にマーカーを入れ、左室長軸像を描出し、この長軸像で長軸方向と垂直方向にマーカーを挿入して短軸像を得た。このようにして得られた左室短軸像を用い、心室中隔厚について、通常の横断像での計測値と比較した結果、僧帽弁、乳頭筋のいずれのレベルにおいても、横断像では大きく計測される傾向があり、短軸像での計測値と横断像での計測値との間には傾きがそれぞれ、0.66, 0.56なる直線関係が存在した。このことは左室肥大が著明で内腔が狭小化した例では、計測値の違いが意外に大きく、左室中央部のスライス

が左室壁と垂直な位置関係にならないことは，壁厚計測に大きな影響を及ぼすものであると考えられた。また横断像では，左室前壁，後下壁の壁厚を評価し得ないが，短軸像では可能となりうる点でも，短軸像を再構成する意義があるものと思われた。

短軸像を僧帽弁レベルと乳頭筋レベルとで再構成し，その左室壁厚を 2DE での左室短軸像と比較対比した。この結果，多くの部位では両者の値は近似することが判明した。しかし，Seg. 3，すなわち左室後壁の壁厚値では，両法の間で相関関係が $r=0.69$ と良好な関係があるとはいえなかった。この理由としては，CT ではスライスの数に制限があるため，十分にこの部位を描出していない場合があったこと，および，2DE においても，この部位の計測は僧帽弁輪，心外膜などの影響を受けやすいことなどが考えられた。Seg. 9（心尖部）では両検査法での計測値の間にはまったく近似する傾向を認めなかったが，これは 2DE による四腔断面像，あるいは RAO 像での計測の際に，心尖部を含めた明瞭な画像を得ることが難しく，たまたま得られた例においても，心内膜面，外膜面を同定し難い例があることが原因と思われた。この点，CT 法では心尖部の描出は明瞭であり，心内膜側，心外膜側の境界ばかりか，心尖部の形態をも明瞭にするものであった。また仮に心尖部に壁在血栓がある場合でも，この部位の構成を明らかにできるとされており^{12,13)}，この点は 2DE に比べ優れていると考えられた。また最近，心筋梗塞例において梗塞部位の非薄化が CT を用いて論じられているが^{14,15)}，この場合にも，再構成短軸像を利用することは有用であろうと思われる。この再構成短軸像は各々のスライスを合成したものであり，内腔，外側辺縁は多少なりとも不整となることは否めない。しかし，これにより計測が不可能となることはなく，多くの部位では計測値が 2DE と近似し，さらには 2DE で検出不可能な場合でも，CT では検出可能であ

ることなどより，今後，我々の方法は臨床的に活用されてよい方法であると思われた。

要 約

25 例の患者を対象として心電図同期心臓 CT 検査を行い，左室容積，左室壁厚の計測を試みた。対象側としたのは，狭心症 5 例，陳旧性心筋梗塞 5 例，肥大型心筋症 8 例，拡大型心筋症 4 例，健常者 3 例であった。CT で測定された左室容積は，各スライスでの左室面積にスライス幅を乗じて得た各スライスでの左室容積を加算することにより求めた。CT で計測された左室壁厚は，拡張末期の横断像から再構成された僧帽弁レベル，乳頭筋レベルでの再構成短軸像によった。CT 検査で得た容積容積を左室造影での値と，左室壁厚を断層心エコー図で得た値と比較検討した。この結果，次のような結論を得た。

1. CT と左室造影とで測定された左室拡張末期容積，左室収縮末期容積，左室駆出率においては両者間で良好な相関がみられた。しかし，CT で得た左室容積は左室造影で得た値に比べ 20% 前後小さく得られる傾向があった。
2. 1 回拍出量では，CT で測定された値と左室造影で測定された値とは相関はなかった。
3. 左室壁厚計測では，計測可能であるような画像は断層心エコー図よりも CT の方で多く得られ，特に心尖部，左室側壁，左室後壁ではこの差は著明であった。その他の部位においても CT の方が壁厚計測に適していると思われた。
4. 心室中隔厚の計測値を再構成 CT 短軸像 (Y) と通常の CT 横断像 (X) とで比較した。この結果，僧帽弁レベルでは $Y=0.66 X+2.13$ ($r=0.79$)，乳頭筋レベルでは $Y=0.56 X+3.00$ ($r=0.81$) なる直線関係が存在した。すなわち，左室壁厚計測を行う場合，横断像を用いると過大に評価する結果となり，壁厚計測は短軸像を構成して測定すべきであると思われた。

文 献

- 1) Powell WJ Jr, Wittenberg J, Maturi RA, Dinsmore RE, Miller SW: Detection of edema associated with myocardial ischemia by computerized tomography in isolated, arrested canine heart. *Circulation* **55**: 99-108, 1977
- 2) Wittenberg J, Powell WJ Jr, Dinsmore RE, Miller SW, Maturi RA: Computerized tomography of ischemic myocardium: Quantitation of extent and severity of edema in an in vitro canine model. *Invest Radiol* **12**: 215-223, 1977
- 3) Lipton MJ, Brundage BH, Dogerty PW, Herfkens R, Berninger WH, Redington RW, Chetterjee K, Carlsson E: Contrast medium-enhanced computed tomography for evaluating ischemic heart disease. *Cardiovasc Med* **4**: 1219-1229, 1979
- 4) Sagel SS, Weiss ES, Gillard RG, Hounsfield GN, Jost GT, Stanley RJ, Ter-Pogossin: Gated computed tomography of human heart. *Invest Radiol* **12**: 563-566, 1977
- 5) Lipton MJ, Hayashi TT, Boyd D, Carlsson E: Measurement of left ventricular cast volume by computed tomography. *Radiology* **127**: 419-423, 1978
- 6) Berninger WH, Redington RW, Doherty P, Lipton MJ, Carlsson E: Gated cardiac scanning: Canine studies. *J Computer Assisted Tomography* **3**: 155-163, 1979
- 7) Takeuchi K, Tanaka C, Oku H, Ikuno Y, Yoshimura T, Kotsumi K, Inoue E, Minamikawa H, Komatsu H, Yamashita A, Furukawa K, Nishimoto M, Kawai S, Sakaguchi K: Assessment of hypertrophic cardiomyopathy by ECG gated cardiac computed tomography. *J Radiography* **11**: 847-858, 1981 (in Japanese)
- 8) Watanabe S, Yamada Z, Nishimoto Y, Yoshida H, Morooka N, Takahashi O, Shukuya M, Masuda Y, Inagaki Y, Nagase Y: Measurement of cardiac volume by computed tomography. *J Radiography* **11**: 1273-1281, 1981 (in Japanese)
- 9) Naito H, Arisawa J, Kimura K, Kozuka T, Ohara K, Fujita T, Nagata S, Redington RW: Evaluation of left ventricular morphology and function by cardiac computed tomographic examination. *J Radiography* **12**: 425-440, 1982 (in Japanese)
- 10) Yoshida H, Masuda Y, Inagaki Y: Measurement of LV function by computed tomography and echocardiography. *Kokyu to Junkan* **30**: 233-239, 1982 (in Japanese)
- 11) Naito H, Kozuka T: Evaluation of left ventricular function by cardiac CT. *Kokyu to Junkan* **30**: 255-264, 1982 (in Japanese)
- 12) Morooka N, Yamada Z, Watanabe S, Shukuya M, Masuda Y, Inagaki Y, Yoshida H, Nakamura M, Tsunoda K, Nakanishi N: Usefulness of contrast enhanced cardiac computed tomography in myocardial infarction. *J Radiography* **12**: 359-369, 1982 (in Japanese)
- 13) Nair CK, Sketch MH, Mahoney PD, Lynch JD, Mooss AN, Kenney NP: Detection of left ventricular thrombi by computerized tomography: A preliminary report. *Br Heart J* **45**: 535, 1981
- 14) Skioldebrand CG, Ovenforts CO, Mavrroudis C, Lipton MJ: Assessment of ventricular wall thickness in vivo by computed transmission tomography. *Circulation* **61**: 960-965, 1980
- 15) Naito H, Yamaguchi T, Uehara T, Ohta M, Nishimura T, Kozuka T: Evaluation of left ventricular wall characteristics in ischemic heart disease by cardiac CT examination. *J Radiography* **12**: 371-385, 1982 (in Japanese)