

## MRIによる心室壁厚, 心室内径の計測における slice thickness の影響について

大西修作 (オリオノ和泉病院循環器センター)	藤井謙司 (同)
福井須賀男 (同)	北畠 顕 (同)
渥美千里 (同)	鎌田武信 (同)
守田瑠璃子 (同)	松浦 元 (シーメンスメディカル)
楠岡英雄 (大阪大学第一内科)	滝沢 修 (同)

### キーワード

MRI, Slice thickness, LV wall thickness

### 緒 言

心臓のポンプ機能を評価する上で、心室の壁厚、心室内径およびそれらの心周期における変化、心室容量を把握することは重要である。従来より心室の壁厚と心室内径および心室容量の計測には心エコー図法<sup>1)2)</sup>、核医学法<sup>3)4)</sup>、心血管造影法<sup>5)6)7)</sup>などが用いられてきた。しかし、心エコー図法では全例に常に良好な画像が得られるとは限らず、核医学法では放射線の被曝、造影剤の使用などの制約のため反復検査は困難である。さらにこれらの検査法では心室容量の計測に幾何学的な仮定が必要であり、検査結果は心室の形状に大きく依存する。一方、MRI検査法は非侵襲的であり、心臓の任意の断面の像を得ることができることから心室壁厚、心室内径の計測に有用と考えられる。

MRIによる心室壁厚、心室内径の計測には、①心電図同期、②計測断面の設定、③ slice

thickness の設定などが重要であるが、従来より slice thickness の心室壁厚および心室内径の計測値におよぼす影響についての報告はまれである。そこで本研究ではこの点について臨床例および phantom 実験にて検討した。

### 対象・方法

I. 臨床例の検討：対象は10例(男4例、女6例、年齢は44-81才)であり、疾患別内訳は健常人3例、高血圧症4例、肥大型心筋症1例、弁膜症2例である。肥大型心筋症および弁膜症の診断は心エコー図法により行った。

使用したMR装置は超伝導型(Siemens社製、MAGNETOM)で静磁場強度は1.5 teslaである。全例について心電図同期を行い、スピネコー像を得た。撮像断面の設定は、まず心臓の冠状断面像より左心室中央レベルの横断面像を得た後、この画像上で心室中隔および左室自由壁に直交する斜位断面を設定し、拡張終期およ

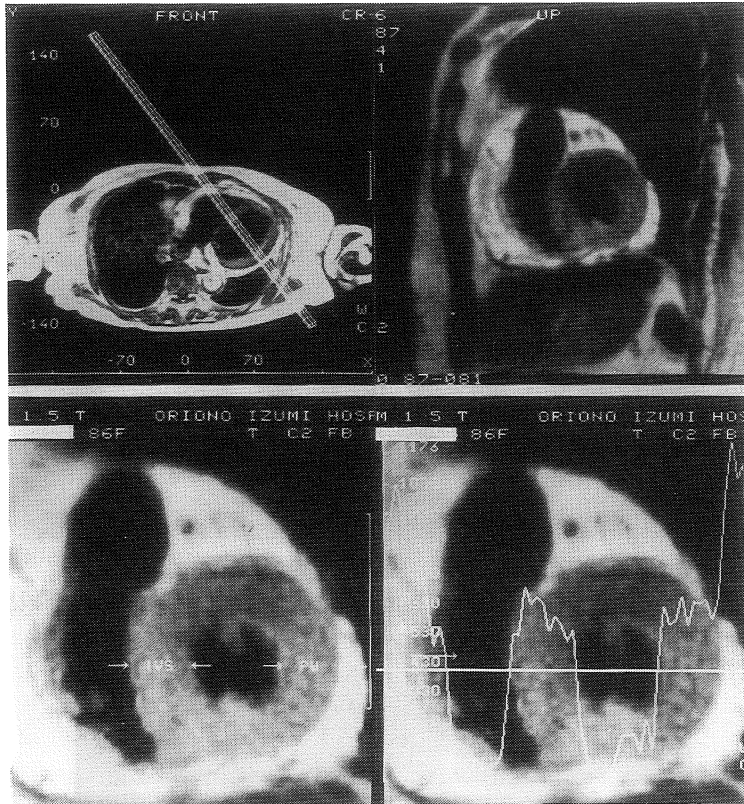


図1 断面設定および計測法  
横断面像上で斜線で示すように斜位断面を設定し(左上), 心短軸像を得た(右上). 心室

壁厚の計測はライトペンを用いる方法(左下)と左室中央レベル(実線で示す)の profile curve を用いる方法(右下)により行った。

び収縮終期像を描出した(TR: R-R 間隔, TE: 26 msec, matrix: 256×256, 2 acquisitions). 拡張終期は心電図の R 波の頂点とし収縮終期は T 波の終点とした. slice thickness は 10 mm および 5 mm であり, 2 例では 2 mm を追加した.

心室の壁厚および心室内径の計測にはライトペンを用いた肉眼的な方法と心室中央レベルでの信号強度の profile curve により行った. なお, この計測は撮像条件を知らない検者が行った

(図1).

II. phantom 実験: slice thickness の撮像対象の辺縁同定への影響を検討するために縦 15 cm, 横 10 cm, 高さ 2 cm の直方体に水を満たし, 縦を Z 軸, 横を X 軸, 高さを Y 軸と平行になるようにガントリー内に挿入し, Y-Z 面内で Z 軸となす角度を変えた断面(80°, 45°)で撮像し, slice thickness の高さへの影響を検討した.

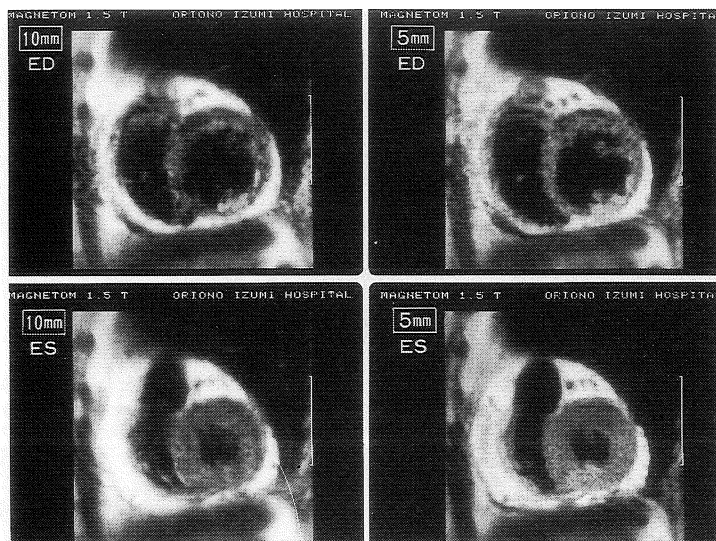


図2 スライス厚のMR像への影響(健常人)  
スライス厚: 10mm—左, 5mm—右. 拡張期—上段, 収縮期—下段.



図3 スライス厚のMR像への影響(肥大心, 心 圧症, 中段: 大動脈弁逆流, 下段: 肥大型心筋症。  
短軸収縮期像)  
スライス厚: 10mm—左, 5mm—右. 上段: 高血

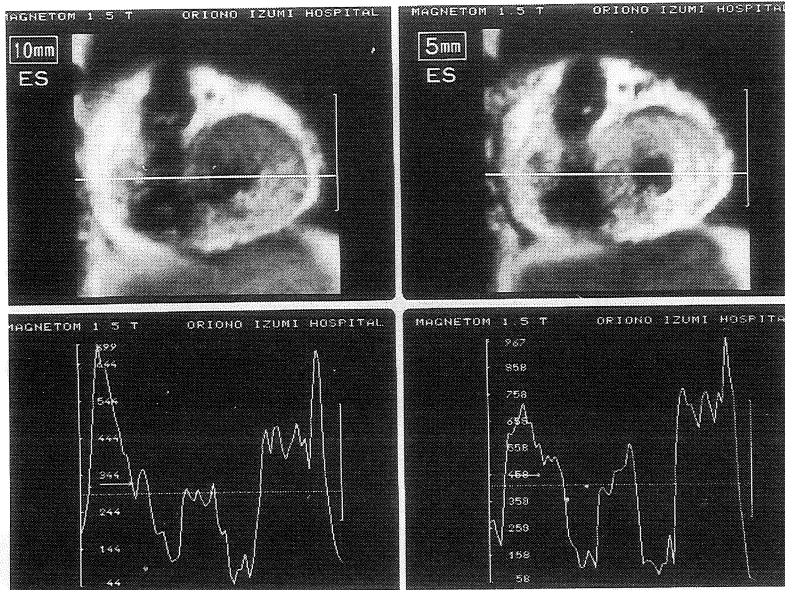


図4 左心室中央部の信号強度のprofile curve (収縮期像)  
スライス厚：10mm—左，5mm—右。

## 結 果

I. 臨床例の検討；(1)心腔内構造の把握：図2に得られた健常人の代表的な1例のMR像を示す。slice thickness 10mm例よりも5mm例において左右心室壁および左室乳頭筋が鮮明に描出された。同様に図3は高血圧症，大動脈弁閉鎖不全症，肥大型心筋症例の収縮期像を示す。いずれにおいても，心室中隔および左室の肥厚を認めるが，10mmよりも5mmの方で左室乳頭筋，左室壁縁が明瞭に描出されている。

(2)心室壁縁の同定：次にライトペンを用いてCRT上で壁厚計測を行う場合に問題となる心室壁縁の同定についてプロトンの信号強度のprofile curveを用いて検討した。図4は高血圧症の一例の拡張期および収縮期像とそれぞれのprofile curveを示す。このcurveの心腔内から心室壁へ

の移行部では5mm像では10mm像に比してprofile curveの立ち上がりの角度が急峻であり，実画像においても5mm像の方が心室壁縁は明瞭であった。

(3)心室壁厚，心室内径の計測：対象10例について，CRT上でライトペンを使用して心室壁厚および心室内径を計測した。表1は10例の左室壁厚および左室内径の計測値を示す。有意差はないが拡張期，収縮期ともに5mm像で10mm像より左室後壁厚は小さく，左室内径は大きかった。以上の検討より心臓の形態の把握，心室壁縁の同定のいずれにおいても5mmスライスが適していることが示された。そこでslice thicknessをさらに2mmに設定し検討した。

(4)2mmスライスでの検討：図5はslice thicknessを10mm，5mm，2mmに設定し，同一断面で撮像した高血圧症の一例である。先

表1 スライス厚の心室壁厚および左室内径の計測値への影響。

Slice Thickness	WALL THICKNESS		LV DIMENSION	
	10 mm	5 mm	10 mm	5 mm
ED	<b>10.3</b> ±0.7	<b>9.6</b> ±0.6	<b>44.4</b> ±1.7	<b>45.4</b> ±1.3
ES	<b>13.9</b> ±2.7	<b>13.4</b> ±1.0	<b>29.0</b> ±2.6	<b>29.8</b> ±2.4

(mean±SE)mm

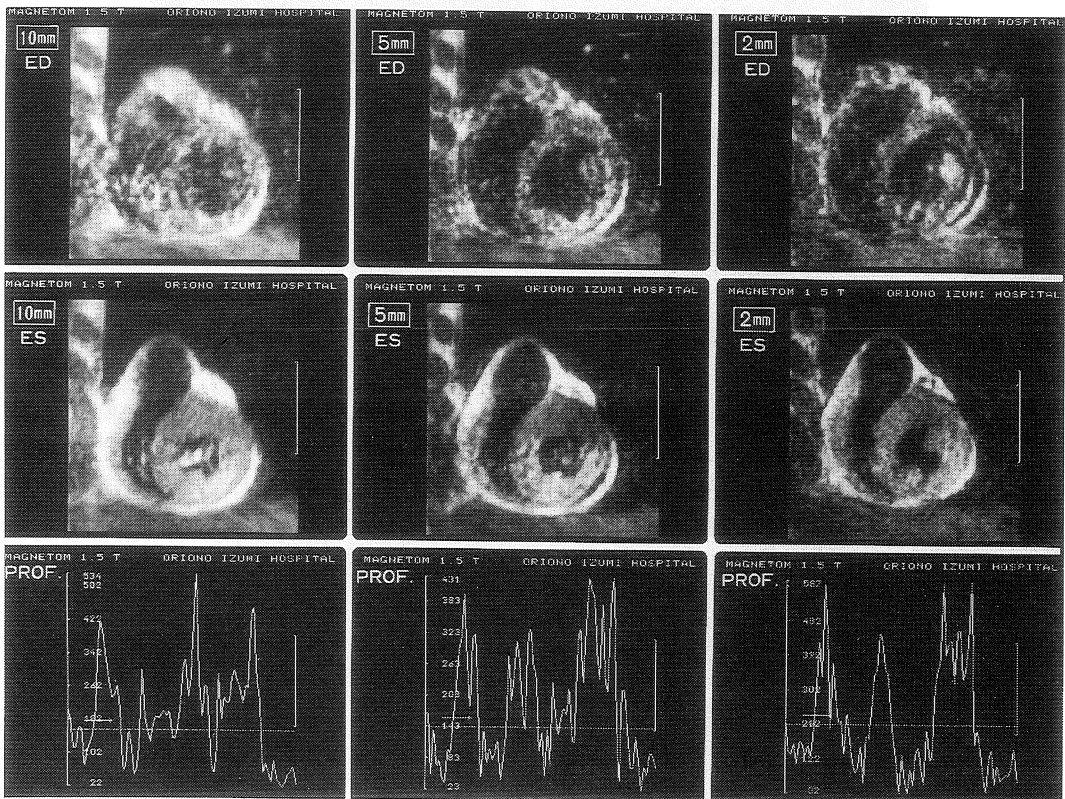


図5 スライス厚のMR像への影響 上段：拡張期像，中段：収縮期像，下段：収縮期上でのprofile curve.  
スライス厚：10mm—左，5mm—中央，2mm—右。



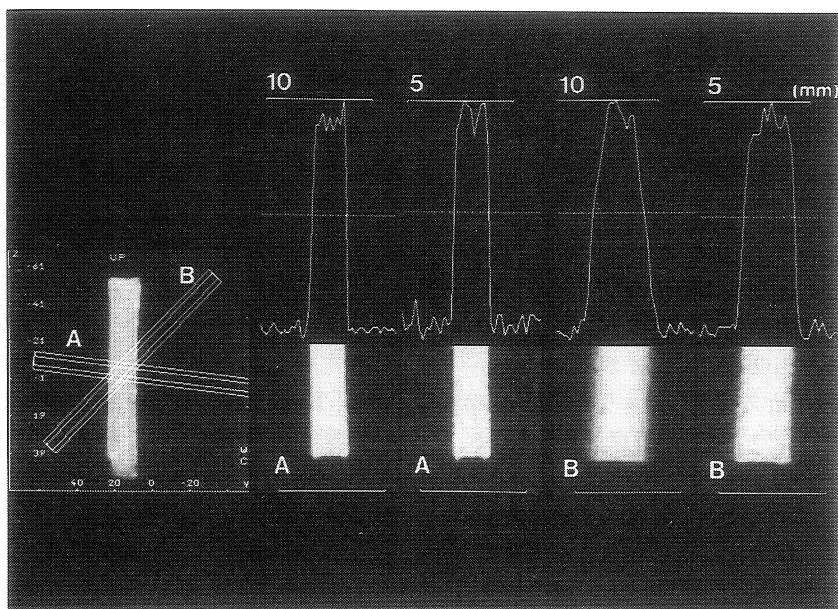


図6 phantom実験  
対象物にたいして撮影断面の成す角度を変えた

時 (80°, 45°) の画像とそのprofile curve.  
A : 80°, 45°) の画像とその

の結果と同様に収縮期像の方が拡張期像よりも画質が優れ，slice thickness 別でみると血流にともなう artifact は 10 mm, 5 mm, 2 mm の順に少ない。下段の profile curve でも同様であり，心腔内の血流による artifact を示す鋸歯状の波形も 2 mm スライスでもっとも少なかった。一方，拡張期像においては 2 mm スライスでは信号強度の低下のために完全な画像構成ができず，計測を行うには不適切であった。

II. phantom 実験；ガントリー内の phantom の Y-Z 面内で Z 軸となす角度が 80° に設定した時の検討では slice thickness が 10 mm と 5 mm では辺縁の同定に差がなく，profile curve においても立ち上がりはいずれも急峻であった (図 6-A)。一方，Z 軸に対して 45° の断面での検討では slice thickness 5 mm の方が 10 mm より phantom の辺縁は明瞭であり，同定が容易であった (図 6-B)。このように，対象物となす角

度を浅く設定した時には対象物の辺縁同定における slice thickness の影響が大きくなるものと考えられた。

## 考 察

MRI 検査法は①非侵襲的であること，②任意の断面が設定できること，③心臓の全体が把握できること，④心室容量の計測に幾何学的な仮定が必要でないことなどの利点があるために心臓疾患の検査法として有用である。しかし，MRI による心室壁厚および心室内径の計測については左室の心内膜面と左室腔との判別が困難な例もあり<sup>8)</sup>，画質の良い像を得ることが重要である。心室壁厚，心室内径の計測には，①心電図同期，②撮像スライス面および③ slice thickness の設定が重要である。そこで本研究において，左室壁厚および左室内径の計測における slice thick-

ness の影響について検討した。一般に、MR 画像の画質には、①静磁場強度、②撮像領域、③ matrix size、④ acquisition の回数、⑤ TE, TR, などの因子が関与するが、本検討へのこれらの影響を除くため、全撮像でこれらの因子を一定とした。

本研究において、5 mm スライスでは 10 mm スライスよりも左右心室壁、心室中隔および左室の乳頭筋がより鮮明に描出され、左室壁と心室内腔との境界も明瞭に判別できた。5 mm スライス像で 10 mm スライス像よりも鮮明な像が得られた理由については次の二点が考えられる。MRI は原理上一定の容積内のプロトンの信号強度を平均化し表示するのでスライス厚が大きければそれだけ心臓の構造物以外からの信号を含む可能性がある。Hoffman らは犬の摘出心を用いて CT 検査にて slice thickness の心臓の形態の評価への影響について検討し、slice thickness が厚いと心臓の形態が不鮮明に描出されるとしている<sup>9)</sup>。次に心臓の構造物とスライス面とのなす角度も重要である。すなわち、横断面像では心尖部あるいは心基部のようにスライス面となす角度が浅くなる部位では、いわゆる partial volume averaging effect のために辺縁の同定に誤差が生じる<sup>10)</sup>。今回行った phantom 実験においても対象物と撮像断面とがなす角度が 80° の時には 10 mm スライスと 5 mm スライスの像では対象物の辺縁の同定には差がなかったが、その角度を 45° にすると 10 mm スライス像では明らかに辺縁は不明瞭であった。本研究では左室乳頭筋の描出されるレベルでの横断面像より心室中隔に直交する断面を設定したのでスライス面と心臓の構造物とのなす角度は大きく、角度の心室壁の描出への影響は少なかったと考えられる。通常の横断面および冠状断面像ではこの影響は無視できない。

slice thickness の心室壁厚、心室容積の計測

におよぼす影響について、本研究では slice thickness 5 mm の方が 10 mm よりも心室壁厚は小さく、心室内径は大きかった (表 1)。Janicki らは 8 頭の犬の摘出心をホルムアルデヒドにて固定後プラスチックまたはゼラチンを心腔内に充填し固めた後切片を作成し、slice thickness と心室容量との関係を検討し、切片の厚さが 5 mm 以下であれば心室容積は正確に計測できるとしている<sup>11)</sup>。一般に MRI による計測では心室壁厚を過大評価し、心室内径は過小評価する傾向にある。Keller らは 10 頭の犬について MRI による左室心筋量を計測し、摘出心でのそれと比較している<sup>12)</sup>。それによると MRI では心室壁厚を過大評価するために左室心筋量を過大評価したとし、その理由として partial volume averaging effect と不適切な境界の同定に起因しているとしている。また、それに対する対策として slice thickness を薄く設定することを提唱している。MRI で求めた左室容量を他の検査法で求めた値と比較したいくつかの報告がある<sup>13)14)</sup>。Dilworth らは 24 例について single-plane の MRI 法より求めた左室容積と single-plane の左室造影より算出した左室容積と比較している。それによると左室収縮終期容積では両者間に有意差はなかったが、左室拡張終期容量については MRI 法が左室造影法に比し有意に小さかったとしている<sup>13)</sup>。Markiewicz らは 19 頭の犬について MRI による拡張終期および収縮終期像より一回拍出量を算出し、熱希釈法より算出した値と比較している<sup>14)</sup>。それによると MRI により求めた値の方が熱希釈法で求めた値よりも低値であり、その理由は MRI では血流の artifact による心内膜辺縁の同定の困難性と partial volume averaging effect によると報告している。

著者らの成績とこれらの報告より slice thickness を小さくすることにより計測の精度が増すことが示された。しかし、slice thickness を薄

くすればスライス内のプロトンの信号強度が減少するために良好な画像が得られないことがある。本研究においても slice thickness を 2 mm に設定した場合に収縮終期像では鮮明な像が得られたが, 拡張終期像では解析しうる像は得られなかった。したがって, 心室壁厚および心室内径の計測には適切な slice thickness の設定が重要である。

## 文 献

- 1) Devereux RB, Reichek N: Echocardiographic determination of left ventricular mass in man. *Circulation* 55: 613-618, 1977
- 2) Wyatt HL, Heng MK, Meerbaum S, et al: Cross-sectional echocardiography. I. Analysis of mathematical model for quantifying mass of the left ventricle in dogs. *Circulation* 60: 1104-1113, 1979
- 3) Slutsky R, Karliner J, Ricci D, et al: Left ventricular volumes by gated equilibrium radionuclide. *Circulation* 60: 556-564, 1979
- 4) Wolfe HT, Corbett JR, Lewis SE, et al: Determination of left ventricular mass by single-photon emission computed tomography with thallium-201. *Am J Cardiol* 53: 1365-1368, 1984
- 5) Dodge HT, Sandler H, Ballew DW, et al: The use of biplane angiography for the measurement of left ventricular volume in man. *Am Heart J* 60: 762, 1960
- 6) Rackley CE, Behar VS, Whalen RE, et al: Biplane cineangiographic determination of left ventricular function: Pressure - volume relationships. *Am Heart J* 74: 766, 1967
- 7) Kennedy JW, Trenholme SE, Kasser IS: Left ventricular volume and mass from single-plane cineangiograms: A comparison of anteroposterior and right anterior oblique methods. *Am Heart J* 80: 343, 1970
- 8) Stratemeier EJ, Thompson R, Brady TJ, et al: Ejection fraction determination by MR imaging: comparison with left ventricular angiography. *Radiology* 158: 775-777, 1986
- 9) Hoffman EA, Ritman EL: Shape and dimensions of cardiac chambers: Importance of CT section thickness and orientation. *Radiology* 155: 739-744, 1985
- 10) Florentine MS, Grosskreutz CL, Chang W, et al: Measurement of left ventricular mass in vivo using gated nuclear magnetic resonance imaging. *J Am Coll Cardiol* 8: 107-112, 1986
- 11) Janicki JS, Weber KT, Gochman RF, et al: Three-dimensional myocardial and ventricular shape: a surface representation. *Am J Physiol* 241: H1-H11, 1981
- 12) Keller AM, Peschock RM, Malloy CR, et al: In vivo measurement of myocardial mass using nuclear magnetic resonance imaging. *J Am Coll Cardiol* 8: 113-117, 1986
- 13) Dilworth LR, Aisen AM, Mancini GBJ, et al: Determination of left ventricular volumes and ejection fraction by nuclear magnetic resonance imaging. *Am Heart J* 113: 24-32, 1987
- 14) Markiewicz W, Sechtem U, Kirby R, et al: Measurement of ventricular volumes in the dog by nuclear magnetic resonance imaging. *J Am Coll Cardiol* 10: 170-177, 1987



---

## INFLUENCE OF SLICE THICKNESS ON THE DETERMINATION OF LEFT VENTRICULAR WALL THICKNESS AND DIMENSION BY MAGNETIC RESONANCE IMAGING

---

Shusaku OHNISHI

(Division of Cardiology, Oriono-Izumi Hospital  
Fuseya-cho 348-1, Izumi-shi, Osaka 594)

Sugao FUKUI

(Division of Cardiology, Oriono-Izumi Hospital  
Fuseya-cho 348-1, Izumi-shi, Osaka 594)

Chisato ATSUMI

(Division of Cardiology, Oriono-Izumi Hospital  
Fuseya-cho 348-1, Izumi-shi, Osaka 594)

Ruriko MORITA

(Division of Cardiology, Oriono-Izumi Hospital  
Fuseya-cho 348-1, Izumi-shi, Osaka 594)

Kenshi FUJII

(The First Department of Medicine, Osaka University Medical School)

Hideo KUSUOKA

(The First Department of Medicine, Osaka University Medical School)

Akira KITABATAKE

(The First Department of Medicine, Osaka University Medical School)

Takenobu KAMADA

(The First Department of Medicine, Osaka University Medical School)

Hajime MATSUURA

(Siemens Medical Systems)

Osamu TAKIZAWA

(Siemens Medical Systems)

---

In order to evaluate the influence of slice thickness on the determination of wall thickness of ventricular septum and left ventricle, and left ventricular cavity dimension using magnetic resonance imaging (MRI), we studied three healthy volunteers and seven patients (hypertension : 4 patients, hypertrophic cardiomyopathy : 1 patient and valvular heart disease : 2 patients) and performed an experimental phantom study. Images were obtained using a 1.5 tesla Siemens superconductive magnetic system. Spin-echo pulse sequences with electrocardiographic gating were used with a TE of 26 ms and a TR determined by the RR interval of the electrocardiogram, where TE = echo time and TR = repetition time. All patients were first imaged in the coronal projection. From this scan, axial projection images were obtained. Then, paraaxial oblique view along the axis of perpendicular to ventricular septum and posterior left ventricular wall was obtained from the axial projection images. Slice thicknesses were 10 mm and 5 mm in all patients and 2 mm thickness was added in two patients. An experimental phantom study was performed using a polyethylene square-bottle, 10×15 cm in cross section and 2 cm in height filled with water. Two axial projection images 80 and 45 degrees to the cross section were obtained. Slice thicknesses were 10 mm and 5 mm.

Five mm thick images were better in quality of visualization of cardiac structures such

as left ventricular papillary muscle, and right and left ventricle than 10 mm thick images. Edges of ventricular septum and left ventricular wall were sharply visualized in 5 mm than in 10 mm thickness. Left ventricular wall thickness determined by MRI was smaller in 5 mm than in 10 mm and left ventricular cavity dimension was larger in 5 mm than in 10 mm thickness. Images of 2 mm thickness in end-systole were most clearly visualized, but the cardiac structures could not be observed in detail in end-diastolic image. In the phantom study, no significant differences in quality of visualization between 10 mm and 5 mm slice thickness in the axial view 80 degree to the long axis were observed. However, it was more difficult to detect the edge of the septum and the left ventricular wall in 10 mm than in 5 mm thickness in the axial view 45 degree to the long axis.

These results indicate that the selection of slice thickness is one of the important determinant factors for the measurement of left ventricular wall thickness and cavity dimension.