

肥大型心筋症における壁厚  
の定量的評価：磁気共鳴映  
像，心室造影，心エコー図  
の比較

Left ventricular wall  
thickness in hypertroph-  
ic cardiomyopathy:  
Comparisons of meas-  
urements by magnetic  
resonance imaging, cine-  
angiography, and echo-  
cardiography

松田 哲也  
長野 豊  
橋本 恵  
河合 忠一  
桜井恒太郎\*  
小坂田元太\*\*

Tetsuya MATSUDA  
Yutaka NAGANO  
Satoshi HASHIMOTO  
Chuichi KAWAI  
Tsunetaro SAKURAI\*  
Genta OSAKADA\*\*

**Summary**

To evaluate the usefulness of magnetic resonance imaging (MRI) in measuring regional wall thickness of the left ventricle, 11 patients with hypertrophic cardiomyopathy (HCM) were imaged. The measurements were compared with those obtained by two-dimensional echocardiography (2D-echo) and cineangiography. Regional wall thickness was ascertained at six locations including the base, middle, and apex of the interventricular septum (IVS) and left ventricular posterior wall (LVPW) from the two selected transverse sections. All of these six locations were also measured for the IVS by biventriculography and for the LVPW by left ventriculography with the left anterior oblique view. Only the base was measured for both the IVS and LVPW using 2D-echo because of the difficulty in obtaining good images for the middle and apex of the left ventricle.

The measurements by MRI correlated well with those obtained by 2D-echo and cineangiography in the majority of locations. At the base, where the wall thickness was measured by the three methods, the measurements of the IVS correlated well each other ( $r=0.63$  to  $0.81$ ). However, a good correlation

---

京都大学医学部 第三内科

\*京都大学医学部附属病院 医療情報部

\*\*京都大学医学部 臨床検査医学

京都市左京区聖護院川原町 54 (〒606)

The Third Division, Department of Internal Medicine, Faculty of Medicine, Kyoto University, \*Department of Biomedical Informatics, Kyoto University Hospital, and \*\*Department of Clinical Science, Faculty of Medicine, Kyoto University, Kawaharacho 54, Shogoin, Sakyo-ku, Kyoto 606

Received for publication January 11, 1988; accepted January 29, 1988 (Ref. No. 35-PS 70)

was obtained only between 2D-echo and MRI for the LVPW ( $r=0.75$ ). The correlation between MRI and cineangiography was generally good for the IVS at any levels ( $r=0.76$  to  $0.87$ ), but not for the LVPW. This was partially due to the narrow range of data for the LVPW as well as to the difficulty in determining the epicardial border in left ventriculograms.

In conclusion, regional wall thickness can be correctly measured by MRI in any locations of the left ventricle even at the apex, where measurement is difficult by other methods.

**Key words**

Magnetic resonance imaging      Hypertrophic cardiomyopathy      Wall thickness      Cineangiography  
Echocardiography

はじめに

肥大型心筋症 (HCM) における左室壁厚の測定や肥厚部位の広がりや評価することは、その診断や病態を把握するうえで重要な要素であり、従来、心エコー図法や左室造影および両室造影による定量的評価が行われている<sup>1,2)</sup>。心室中隔は非対称性中隔肥大 (ASH) における主な肥厚部位であるが、心エコー図や両室造影により、かなり正確に壁厚を測定することができる。しかしながら心尖部肥大型心筋症 (APH) の主な肥厚部位である心尖部は、両方法によっても計測が比較的難しく、特に心エコー図では良好な画像が得られない症例が多いため、非侵襲的計測は困難である。近年、登場した磁気共鳴映像法 (MRI) は、心尖部をも含め、左室全体にわたる心筋壁を明瞭に描出できるため、壁厚の新しい非侵襲的評価法として注目されており、HCM における左室壁厚測定の試みもいくつか報告されているが<sup>3,4)</sup>、心室造影との詳しい比較はなされていない。今回我々は、他の検査法では評価が困難な心尖部の壁厚測定における MRI の有用性を明らかにする目的で、11名の肥大型心筋症例において、左室の種々の部位の壁厚を測定し、心エコー図および両室造影による計測値と比較した。

対象と方法

対象は16~67歳のHCM 11例で、5例がAPH、6例がASHを有するHCMである (Table 1)。全症例において、MRI および両室造影では、心

**Table 1. Study population (n=11)**

Hypertrophic cardiomyopathy with ASH	6
Apical hypertrophy	5
Age: 16 to 67 (years)	
Sex: Male 10	
Female 1	

ASH: asymmetric septal hypertrophy.

室中隔、左室後壁のそれぞれ心基部、中央部、心尖部の合計6カ所を、また心エコー図では心尖部は不明瞭となるため、心室中隔および左室後壁の心基部のみ2カ所を計測し、おのおの対応する部位の計測値を比較した。

MRI では心室の長軸に沿った傾斜断面を撮影することが可能であるが、傾斜する方向や角度が症例ごとに異なっているため、標準化に問題がある。そこで今回は水平横断像を用いて各部位の壁厚を以下のごとく計測した (Fig. 1)。まずあらかじめ、心電図同期マルチスライス法にて、15ミリごとにスライス厚10ミリの7枚の横断像を撮影 (約2分) すると、通常4つの断面が左室を含む (Fig. 1の1~4の断面)。このうち1および4の断面は左室の上下端を通過して心筋壁に直交しないため、正確な計測値は得にくい。残った2つの断面 (2および3) のごとく、左室中央付近を通る2つの断面を選んで、心電図同期法において、R波直後の拡張末期像を撮影した。このときの撮影条件は、画像収集マトリクス 128×128、4回加算、またはマトリクス 256×256、2回加算とした。得られた2つの横断面の拡張末期像において、例え

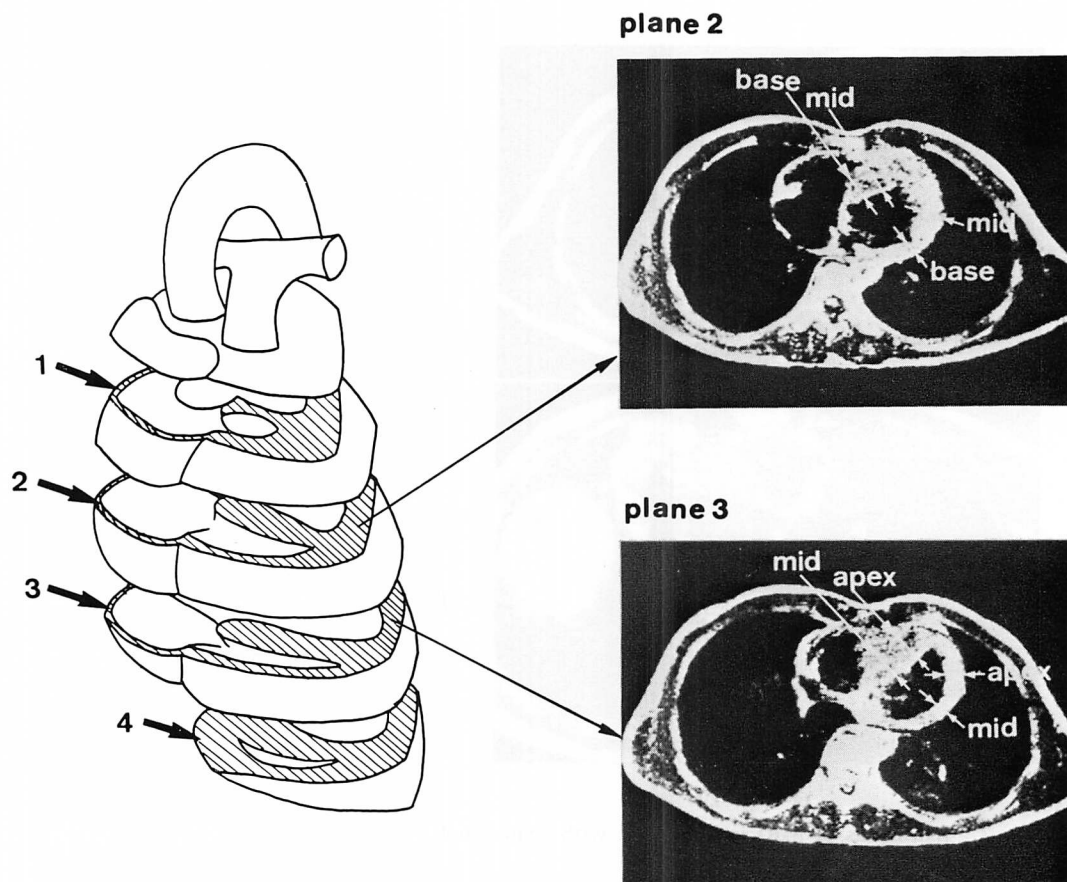
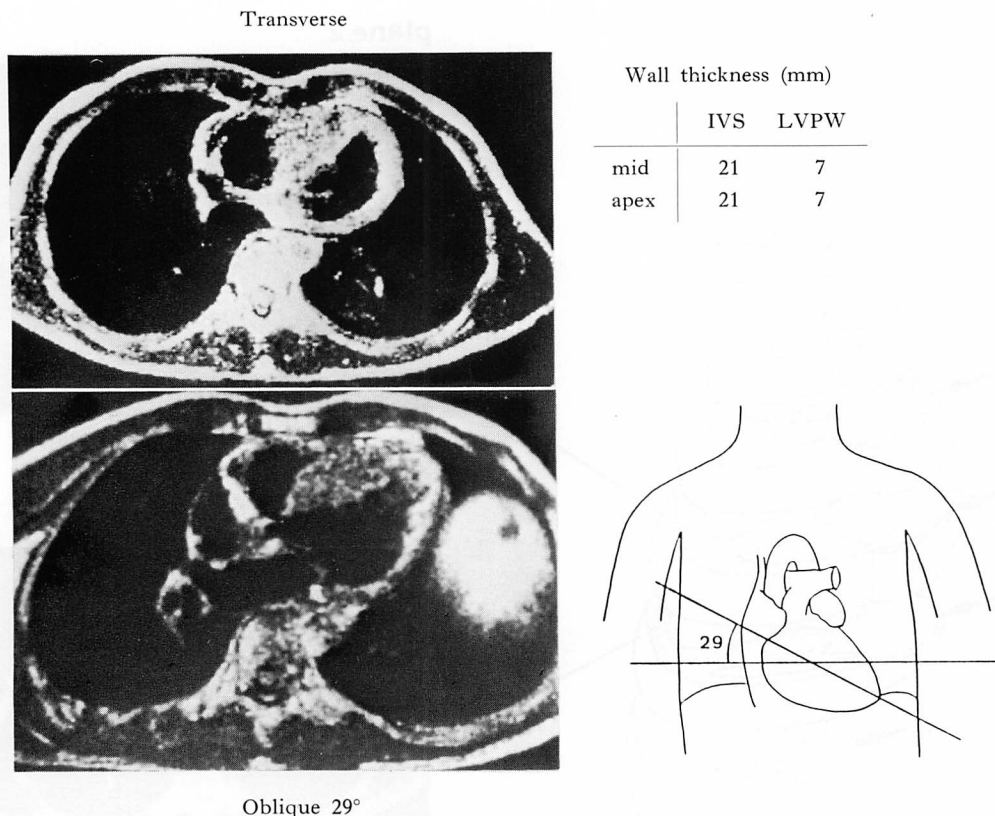


Fig. 1. Method of measuring regional wall thickness by MRI from two transverse sections.

ば心室中隔では心基部側より 1/3, 2/3 の2カ所を計測した。上の断面 (Fig. 1 の plane 2) の心基部寄りを心基部 (base), 下の断面 (Fig. 1 の plane 3) の心尖部寄りを心尖部 (apex) の壁厚とし、残った中央2つの計測値 (上の断面の心尖部寄りと下断面の心基部寄り) のうち、壁の境界がより鮮明であった方の値を中央部 (mid) の壁厚とした。左室後壁についても同様に3カ所の計測値を得た。心筋壁と計測した断面とがほぼ垂直であることを確認するため、計測部位の壁の位置が上下の断面で大きくずれていないことを、2枚の横断像を重ねて確かめた。また、左室長軸に沿った

傾斜断層像をも撮影した症例では、その結果を計測の参考とした。Fig. 2 に ASH を有する非閉塞性肥大型心筋症 (HNCM), Fig. 3 に APH の代表例を示す。それぞれ上段は、左室中央よりやや下方 (Fig. 1 の plane 3 に相当) の横断像 (左) とその断面における計測値 (右)、また下段は模式図に示した傾斜断面における拡張末期像である。これらの傾斜断面における計測値は、横断像での計測値と一致していた。

MRI はすべて 0.2 テスラ (常伝導型) の島津製作所製 SMT 20 を用い、エコー時間 30 ないし 43 ミリ秒のスピネコー法で撮影し、1回の撮影



**Fig. 2. Examples of MRI in a patient with hypertrophic non-obstructive cardiomyopathy (HNCM: 35-year-old man).**

時間は約8分であった。

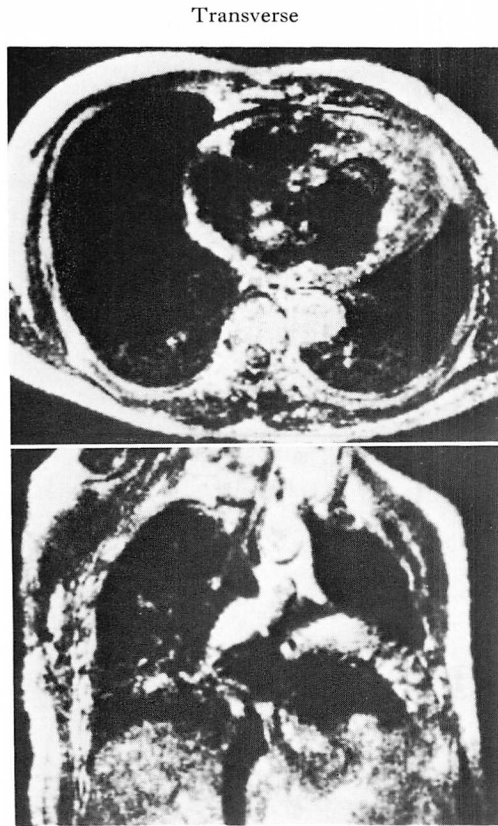
両室造影では angled view の両室造影像<sup>2)</sup>より心室中隔の、また左前斜位 60° の左室造影像より左室後壁の壁厚を測定した。心室中隔は大動脈弁付着部と心尖部間を、また左室後壁は僧帽弁付着部と心尖部間を4等分し、それぞれ 1/4, 2/4, 3/4 の部位を測定して、順に base, mid, apex の壁厚とした。

心エコー図では、通常の傍胸骨左室長軸断層像について、僧帽弁直下で撮影した M モード心エコー図像から、拡張末期における心室中隔、左室後壁の壁厚を測定して、base の計測値とした。

### 結 果

MRI, 心エコー図, 両室造影の3方法による base の壁厚を比較すると, **Fig. 4** および **Fig. 5a, b** に示すように, 心室中隔では各検査とも比較的良好な相関が得られた ( $r=0.63\sim 0.81$ ). 特に MRI と心エコー図の計測値は良く一致し ( $r=0.81$ ), 回帰直線も 45° に近かった ( $y=1.11x+0.19$ ). 左室後壁では MRI と心エコー図の相関は良かったが ( $r=0.75$ ), 両室造影は他の2方法と有意な相関を示さなかった。

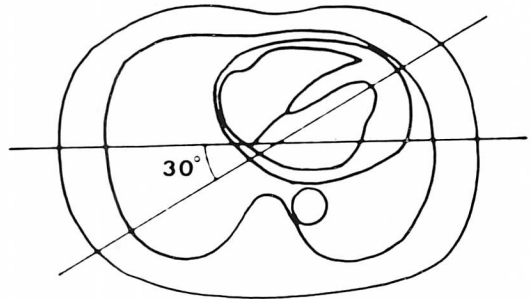
一方, 6部位すべての計測値が求められた MRI と両室造影の相関を各部位別に比較すると **Fig. 5a~f**), 心室中隔では base:  $r=0.76$ , mid:



RAO 30°

Fig. 3. Examples of MRI in a patient with apical hypertrophy (APH: 55-year-old man).

	Wall thickness (mm)	
	IVS	LVPW
mid	11	21
apex	13	28

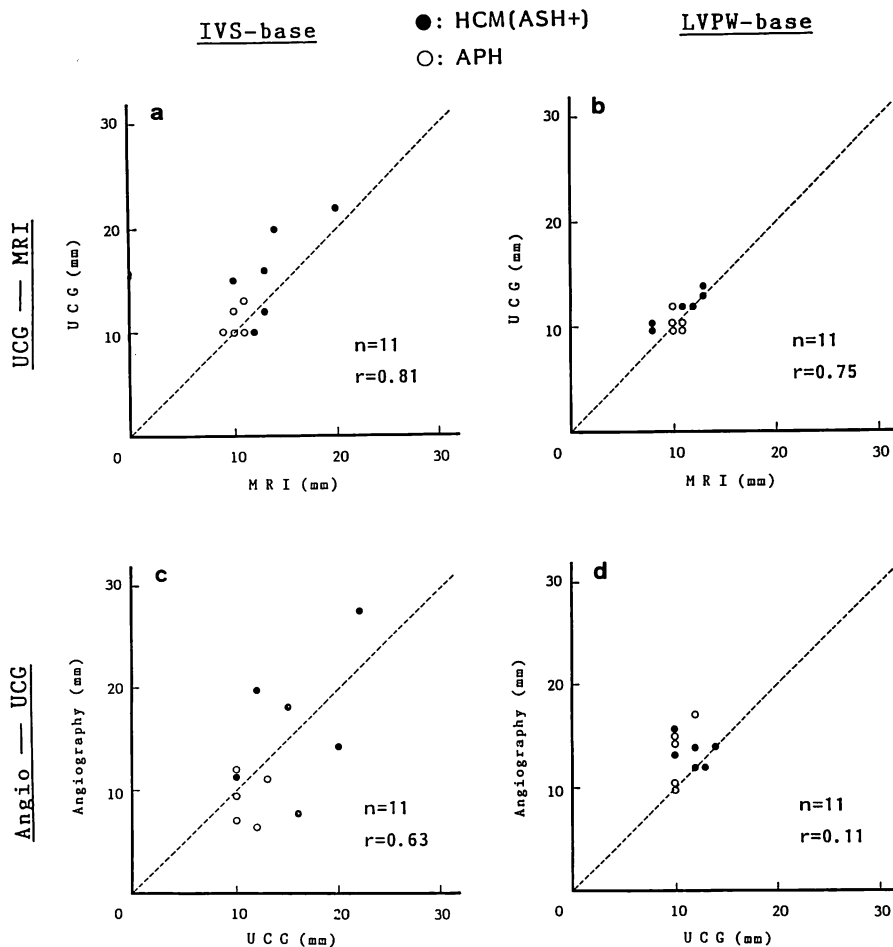


$r=0.87$ , apex:  $r=0.76$  と、すべての高さにわたって両者の計測値はかなり良好な一致を示した。左室後壁では、base や mid における相関は不良であった。また apex では計測値が比較的広く分布したことも影響して相関は良かったが ( $r=0.76$ )、両室造影の値が MRI に比し小さい傾向があった。

#### 考 按

MRI は、高分解能の断層像を侵襲なしに得られること、造影剤を用いることなく心血管腔と組織とを区別できること、空間的に任意の断面を撮影できることなど、さまざまな長所を有しており、心血管領域における応用も広がりつつある<sup>5)</sup>。

今回検討を行った左室壁厚は、左室容量や内径などとともに臨床的に重要な指標であり、特に HCM では異常な肥厚部の厚さや広がりを知ることが、その診断に不可欠の要素である。しかし APH においては、従来の検査法では心尖部の壁厚を正確に計測できず、定量的な指標に基づいた診断が難しかった。これまでの報告<sup>3,4)</sup>は心室中隔と左室後壁の 1 ヲ所の壁厚を計測し心エコー図の計測値と比較するにとどまっておられ、左室のさまざまな部位における検討はなされていない。今回の研究では MRI による壁厚測定の特徴を明らかにするため、左室壁を多部位に分けた上で、侵襲的方法として信頼のある両室造影による計測も対照に加えて検討した。



**Fig. 4.** Correlations of measurement values between echocardiogram (UCG) and MRI (a, b), and between echocardiograms and cineangiograms (c, d) at the level of the base.

3種類の検査法すべてによる計測を行った base の比較では, MRI は心エコー図の計測値とよく一致した (Fig. 4a, b). 壁厚計測における心エコー図の信頼性は, 良好な画像が得られない心尖部を除けば, すでに確立されている<sup>6)</sup>. 心基部の計測で心エコー図と良好な相関を示した MRI も, 信頼できる計測方法とみなしてよいと思われる. 左室後壁は心室中隔に比べると相関はやや低かったが (Fig. 4b), これはこの部位の壁厚が MRI による計測値で 8~13 mm (心エコー図では 10~

14 mm) と狭い範囲に分布していたためと考えられる. Higgins らは 14 例の HCM に対して我々と同様に MRI の水平断面像において壁厚を計測し, 心エコー図による計測値とおおむね一致することを報告している<sup>3)</sup>. また健常ボランティアを対象とした Friedman らの報告<sup>7)</sup>は, 左室後壁で十分な相関が得られていない点で, 我々の結果と類似している. これらの結果をあわせて, base に関しては, MRI により心エコー図に劣ることなく, 正確に壁厚を評価できると考えられる.

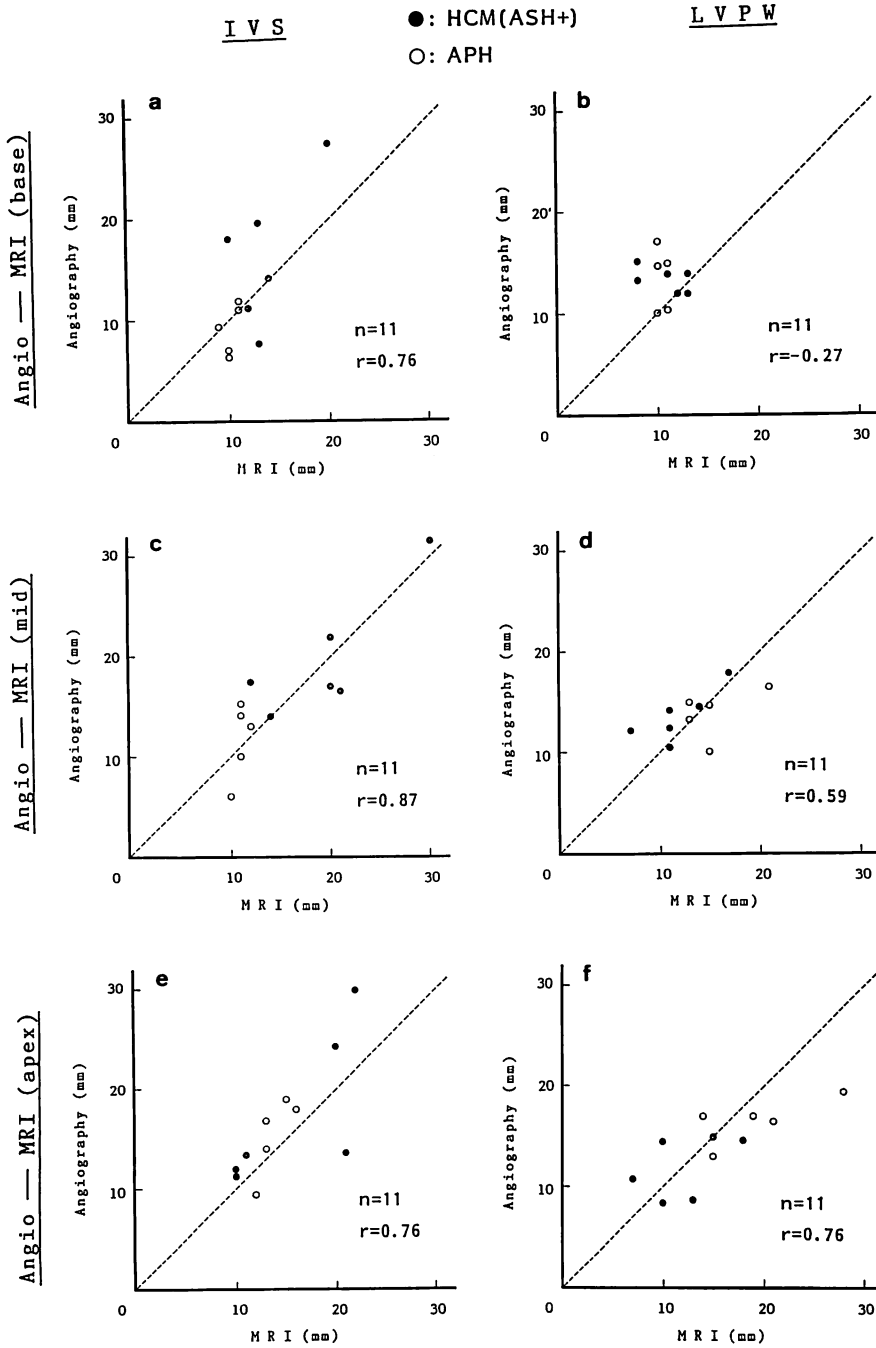


Fig. 5. Correlations of measurement values between cineangiograms and MRI at three levels.

一方, 両室造影と MRI の間の比較では, 全般に左室後壁に比べ心室中隔における相関が良かった。今回の症例の約半数が ASH を有する HCM であり, 心室中隔の計測値が広い範囲にわたっているため, 比較的相関が高くなったと考えられる。左室後壁でも APH の肥厚部である apex では相関が良く, base へ向かうにつれて相関が悪化した。両室造影では, 壁全体にわたって厚さを正確に計測出来る撮影方向の選択はかなり難しいが, 心室中隔については angled view の両室造影<sup>2)</sup>により base から apex までをかなり正確に計測できる。したがって, これと良好な相関を示した MRI の計測は, 各部位の壁厚を正確に表していると言えよう。このほか左室後壁における相関の低下の原因として, 左室造影像では, 後壁の外膜側のコントラストが不十分となり, 特に base では左房との重なり, mid や apex では横隔膜との重なりにより, 左室後壁の計測がやや困難となることもあげられる。

今回の計測値すべてに関係する事項として, 壁厚を計測した部位が各検査法の間で一致するように計測の位置に注意したが, 左室長軸の位置や方向には個体差があるため, 計測位置の対応関係が症例によって変わるという問題も残っている。MRI については, どのような症例も鮮明な画像は得られるものの, 壁厚を精密に計測するには, 必ずしも分解能が十分でない場合もあった。心外膜側の脂肪と心筋との区別については, 今回用いたような通常的心電図同期法では, 繰り返し時間 (TR) が R-R 間隔に等しくなるが, この程度の TR では, 脂肪は心筋よりも高信号となるため, 境界は容易に判別出来る。しかし内膜側では, 左室内の血液は血流のために通常はほとんど無信号となるが, 壁の近接部では血流が比較的遅いため, 逆に心筋よりも高信号となることがあり, 信号強度が一定せず, 境界を判別しにくい場合が生ずるため, 計測には注意を要する。

部位の違いや検査法の違いにより, 相関に差が認められたことは, それぞれの検査法において,

部位ごとに測定値の信頼性や安定性が異なると考えられ, 病態の把握には各種検査法を組み合わせた総合的な判断が必要になると考えられた。MRI については非侵襲的に心尖部まで明瞭に描出されるため, 他の方法よりも測定が容易であり, 他の検査法との相関も各部位で良好である。特に他の検査法では計測が困難な心尖部の壁厚測定法として, 有用と考えられる。また MRI では任意方向の断層像を撮影できることから, 体軸と傾斜した左室に対して, 自由な方向で撮影することができる利点は大きい。今回の我々の検討でも, 左室長軸像を撮影した症例では (Figs. 2, 3), 左室腔全体の壁厚測定が可能であり, 水平断層像における計測値とほぼ一致していた。

横断面の計測では, 撮影面が計測した心室壁に直交していない場合には, 真の値よりも過大評価する可能性があるが, 今回の計測ではそのような傾向は認められず, 水平断面上での計測でも実用的であると考えられた。MRI の画像は立体再構成にも適しており, すでに心臓の立体画像の作成も報告されている<sup>8)</sup>。HCM などのように局所的な形態異常の検討には, 再構成した立体画像の方が単一の断面像よりもさらに有用と考えられる。エコープラナー法など, 今後の改良によりさらに高速の撮影法が実用になれば, 心血管系においても MRI による 3 次元画像が形態計測の主体となろう。

## 結 語

5 例の APH および 6 例の ASH を有する HCM において, MRI, 心エコー図, 両室造影を用いて計測した左室のさまざまな部位の壁厚を比較検討した。部位の違いや検査法の違いにより計測値間の相関に差が認められたが, MRI は各部位で他の検査法と良い相関が得られ, すべての部位において安定した局所左室壁厚を計測し得た。左室長径に沿った傾斜断層像では肥厚部の広がり の把握が容易であるが, 撮影の簡単な水平断層像の上で壁厚を正確に計測することができ, しかも



他の方法では計測が困難な心尖部についても容易に計測できる点で、検査法としてより優れていた。

## 要 約

肥大型心筋症 (HCM) における壁厚の測定は、診断や病態の把握に重要である。我々は、他の検査法では評価が困難な、心尖部の壁厚測定における磁気共鳴映像 (MRI) の有用性を明らかにする目的で、11例の肥大型心筋症例において、左室の種々の部位の壁厚を測定し、心エコー図および両室造影による計測値と比較した。MRI では左室を通過する2枚の水平横断像を用いて、心室中隔および左室後壁の心基部側 (base)、中央部 (mid)、心尖部側 (apex) のおのおの3ヵ所の壁厚を測定した。両室造影より心室中隔の、また左前斜位の左室造影より左室後壁のそれぞれ base, mid, apex の壁厚を測定した。心エコー図では心尖部は不明瞭のため、心室中隔、左室後壁の base の壁厚のみを計測した。3種類の方法すべてによる計測を行った base の比較では、心室中隔では各検査とも相関は比較的良好であった ( $r=0.63\sim 0.81$ )。しかし左室後壁では MRI、心エコー図間の相関は高いが ( $r=0.75$ )、両室造影では他のいずれとも有意な相関はなかった。また MRI と両室造影の間の相関を6つの部位ごとに比較すると、心室中隔ではすべての高さにわたって相関が良く、左室後壁に比べ、両者による計測値も良く一致した。部位の違いや検査法の違いにより計測値間の相関に差が認められたが、MRI は各部位で他の検査法と良い相関が得られ、すべての部位において安定した局所左室壁厚を計測し得た。水平断層像の上でも壁厚を正確に計測することができ、特に心尖部についても容易に計測で

きることは、MRI が他の検査法より優れている点であると考えられた。

## 文 献

- 1) Maron BJ, Gottdiener JS, Epstein SE: Patterns and significance of distribution of left ventricular hypertrophy in hypertrophic cardiomyopathy: A wide angle, two dimensional echocardiographic study of 125 patients. *Am J Cardiol* **48**: 418-428, 1981
- 2) Kishimoto C, Kadota K, Sakurai T, Murakami T, Fujita M, Kawai C: Improved evaluation of hypertrophic cardiomyopathy by biventriculography with axial projection. *Am Heart J* **110**: 77-83, 1985
- 3) Higgins CB, Byrd BF, Stark D, McNamara M, Lanzer P, Lipton MJ, Schiller NB, Botvinick E, Chatterjee K: Magnetic resonance imaging in hypertrophic cardiomyopathy. *Am J Cardiol* **55**: 1121-1126, 1985
- 4) Yoshida S, Ueno Y, Fujiwara S, Arita M, Hamada M, Nishio I, Matsuyama Y: ECG-gated magnetic resonance imaging of the left ventricle: Visualization of anatomical characteristics and quantification of wall thickness and ventricular volume in left ventricular hypertrophy. *J Cardiol* **17**: 21-34, 1987 (in Japanese)
- 5) Pohost GM, Canby RC: Nuclear magnetic resonance imaging: Current applications and future prospects. *Circulation* **75**: 88-95, 1987
- 6) Feigenbaum H, Popp RL, Chip JN, Haine CL: Left ventricular wall thickness measured by ultrasound. *Arch Intern Med* **121**: 391-395, 1968
- 7) Friedman BJ, Waters J, Kwan OL, DeMaria AN: Comparison of magnetic resonance imaging and echocardiography in determination of cardiac dimensions in normal subjects. *J Am Coll Cardiol* **5**: 1369-1376, 1985
- 8) Eiho S, Kuwahara M, Fujita Y, Matsuda T, Sakurai T, Kawai C: 3-D reconstruction of the left ventricle from magnetic resonance images. *IEEE Computers in Cardiology* 51-56, 1986