

# 肥大型心筋症におけるシネ MRI

## —左室心筋壁厚および収縮能の評価—

石野洋一, 中村克巳, 江頭完治, 中田 肇

産業医科大学放射線科学教室

### はじめに

肥大型心筋症 (hypertrophic cardiomyopathy, HCM) は現時点では「原因不明の心筋疾患」と定義されており, 左室心筋の異常な肥大に伴い左室拡張コンプライアンスの低下をきたすのが特徴である<sup>1)</sup>. この疾患に対する MRI の有用性に関しては, 心電図同期 spin echo (SE) 法による形態的な評価を中心とした検討が多く<sup>2)~8)</sup>, gradient echo 法を用いたシネ画像により機能面から評価した報告は少ない<sup>9)~12)</sup>. シネ画像による評価も視覚的に心筋収縮様式を観察したものが主であり, 我々の検索した範囲ではシネ MRI で壁厚を実測して定量的に心筋収縮を観察した報告はほとんどない<sup>12)</sup>.

今回我々は HCM 症例 21 例に対してシネ MRI を施行し, 左室心筋壁厚を測定し局所収縮率を求めることにより, その収縮能を定量評価したので報告する.

### 対象および方法

#### 1) 対象

厚生省発行の, 特発性心筋症診断の手引きに従って診断された計 21 例. 男性 14 例, 女性

7 例. 年齢は 28~80 歳 (平均年齢は 58.2 ± 13.5 歳) である.

症例の内訳は非対称性中隔肥厚型 (以下 ASH) 10 例, 全周性肥厚型 (以下 diffuse) 7 例, 心尖部肥厚型 (以下 apical) 4 例である. 心筋生検は 8 例に施行し, HCM に特徴的所見が得られたのはこのうち 4 例であった.

#### 2) 方法

a) 使用装置 使用した装置は Siemens 社製超電導 Magnetom H15 (静磁場強度 1.5 T) である. シネ MRI の撮像パルス系列としては FLASH 法を用い<sup>13)</sup>, エコー時間 (TE) は 12 ms, 心電図同期下に 1 心周期あたり 15 phase の画像を得るため繰り返し時間 (TR) は 40~60 ms に設定した. Flip angle は 30°, マトリックスは位相エンコード方向に 128, 周波数エンコード方向に 256, 加算回数は 2 回で, 8 mm スライス画像を得た. 撮像に要する時間は心電図 R-R 間隔により多少異なるが, 1 断層面を得るのに約 4 分程度で, マルチスライス T<sub>1</sub> 強調像の一回撮像とほぼ同程度である.

b) 撮像方法 スライス面の設定は Dinmore らの方法を参考にした<sup>14)</sup>. Oblique slice は一回しか設定できない制限があるため, まず患者を右側臥位 30 度に固定し, 位置決めのためのスピネエコー体軸横断像を撮像, このうち僧帽弁が最大に描出されている断面を選ん

キーワード hypertrophic cardiomyopathy, wall thickness, cine MRI

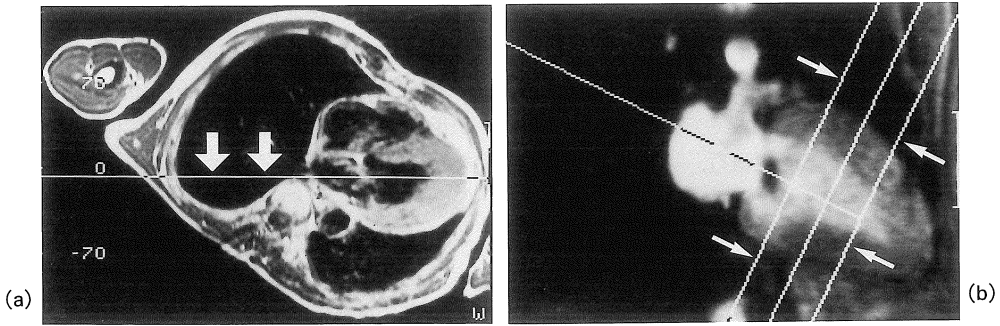


Fig. 1 Schema for cine MRI positioning

(a) Axial view of T<sub>1</sub> weighted image. A horizontal line (arrow) represents the plane for long axial view of left ventricle. (b) Cine image of a long axial sagittal view of left ventricle. Three lines (arrows) vertical to a line through the center of the left ventricle represent the planes for short axial views.

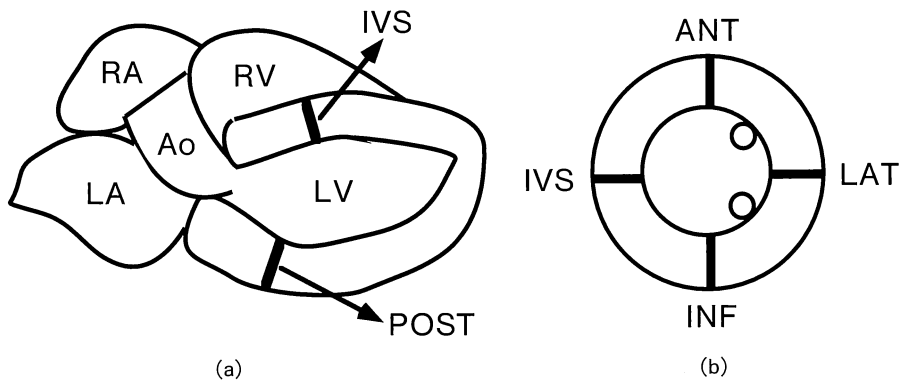


Fig. 2 Measurement point of LV wall thickness, (a) four chamber view (b) short axial view RA : right atrium, RV : right ventricle, LA : left atrium, LV : left ventricle, Ao : aorta, IVS : interventricular septum, POST : posterior wall, ANT : anterior wall, LAT : lateral wall, INF : inferior wall

で僧帽弁口中心部と心尖部を結ぶ冠状断の撮像面を設定し (Fig. 1(a)), 左室長軸矢状断像とした. 次に左室長軸矢状断像にて僧帽弁口中心部と心尖部を結ぶ撮像面を設定し長軸四腔断像を得, さらにこの撮像面に垂直な短軸像を得た (Fig. 1(b)).

短軸像は, 左室心基部, 中央部, 心尖部の

3 slice を撮像したものが 12 例, 中央部, 心尖部の 2 slice を撮像したものが 4 例, 中心部の 1 slice のみ撮像したものが 5 例で, 合計 49 断面を検討の対象にした.

c) 検討方法 シネ MRI による左室壁肥厚箇所の評価は拡張末期像で行い, 各形態別に心筋収縮様式をモニタ上で動画として流しながら

視覚的に評価した。

続いて拡張末期の長軸四腔断像を用いて心基部側の心室中隔および後壁の壁厚を定量測定するとともに、心エコー (UCG) で得られた値との相関を求めた (Fig. 2(a)).

さらに左室短軸像を用いて収縮、拡張末期の局所心筋壁厚を実測した (Fig. 2 (b)). 収縮末期心筋厚から拡張末期心筋厚を減じて absolute thickness を求め、これを拡張末期心筋厚で除して局所収縮率 (% thickness) を算出し、拡張末期壁厚との相関、および正常者との比較を行った。心筋厚はフィルムに焼き付けた像より JIS 規格ノギスにて実測し、フィルム上の 5 cm スケールから換算した。

回帰性の解析は直線回帰分析を行った。また HCM 各群および正常者の局所心筋収縮率の比較には unpaired t-test を用い、危険率 5 % 未満を有意とみなした。

## 結 果

左室収縮様式に関しては、apical 群では 4 例全例が全周性に強い収縮を示した。内腔は拡張末期に心尖部心筋肥厚によるいわゆるスペード状の特徴的形態を呈し、収縮末期には内腔全体の高度狭窄を認めた (Fig. 3)。ASH 群では全

周性にほぼ同程度の収縮を呈するものが 5 例、非肥厚部である自由壁の収縮が主で中隔の収縮が相対的に不良なものが 5 例であった。Diffuse 群は 7 例全例が全周性に同程度の収縮を示した。以上 HCM は全体としては収縮が保たれているものの、ASH 群で肥厚部における相対的収縮低下が目立つ傾向であった。しかし視覚的評価では客観性に乏しく、また収縮程度の絶対的評価は困難であった。

長軸四腔断像を用いて測定した心室中隔および後壁の壁厚は UCG で得られた値と比較的よく一致し、中隔で  $r=0.86$ 、後壁で  $r=0.85$  と有意の正相関 (ともに  $p<0.001$ ) を認めた (Fig. 4)。

左室短軸像より求めた局所心室壁収縮率と拡張末期壁厚とは各箇所とも有意の負の相関を認めた (前壁  $r=0.65$ 、中隔  $r=0.62$ 、下壁  $r=0.57$ 、側壁  $r=0.51$ 、ともに  $p<0.001$ : Fig. 5)。

各箇所の心室壁収縮率を HCM 各群および正常者 4 例の平均とそれぞれ比較したのが Fig. 6 である。Apical 群は全周性に収縮率が高く、前壁および側壁で正常者と比べ有意に高値を示した。中隔、下壁は有意差は認めないものの、他の群に比して高い収縮率を示す傾向が見られた。ASH 群は肥厚の目立つ中隔のみ正常者と比べ有意に低値を示し、前壁、側壁、下

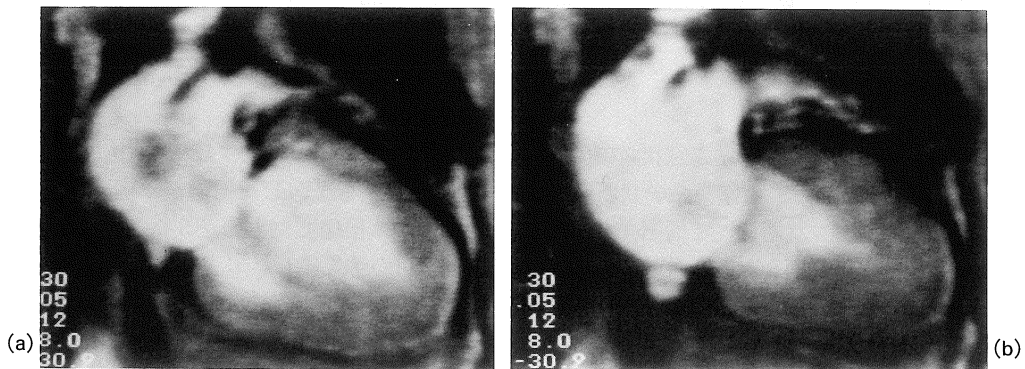


Fig. 3 63-year-old man with an apical hypertrophy type (sagittal view). Localized hypertrophy at the apex and diffuse hyperkinetic LV wall motion are clearly demonstrated.

(a) end-diastolic phase (b) end-systolic phase

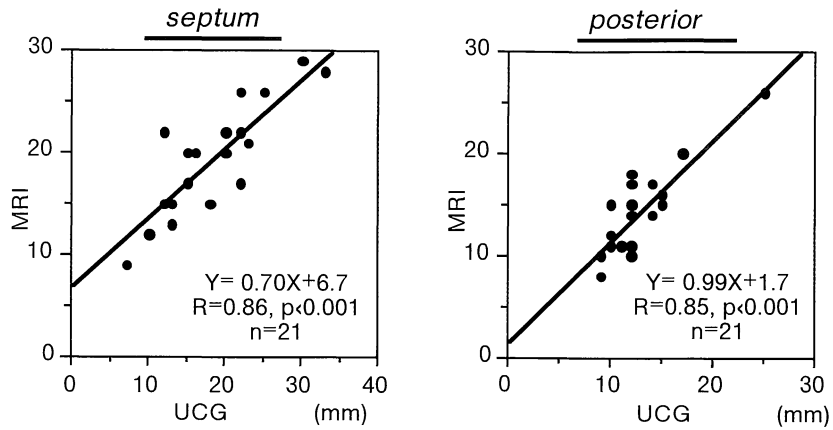


Fig. 4 Correlations of basal septal and posterior LV wall thickness of cine MRI and echocardiogram (UCG) at end-diastolic phase

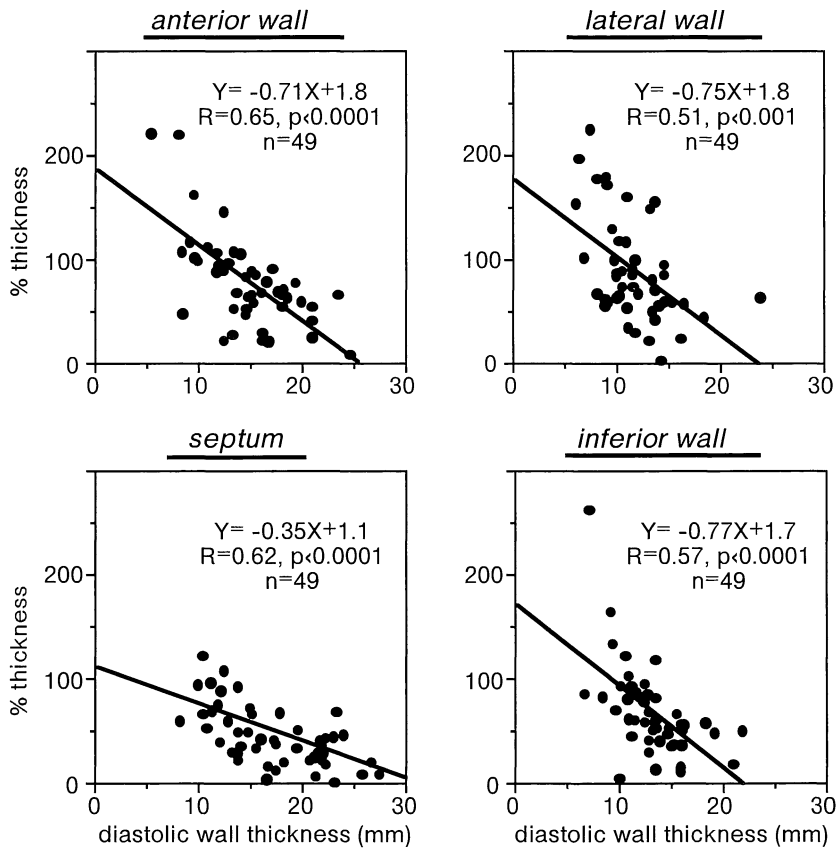


Fig. 5 Correlations of end-diastolic LV wall thickness and % thickening at anterior, lateral and inferior walls and septum on cine MRI

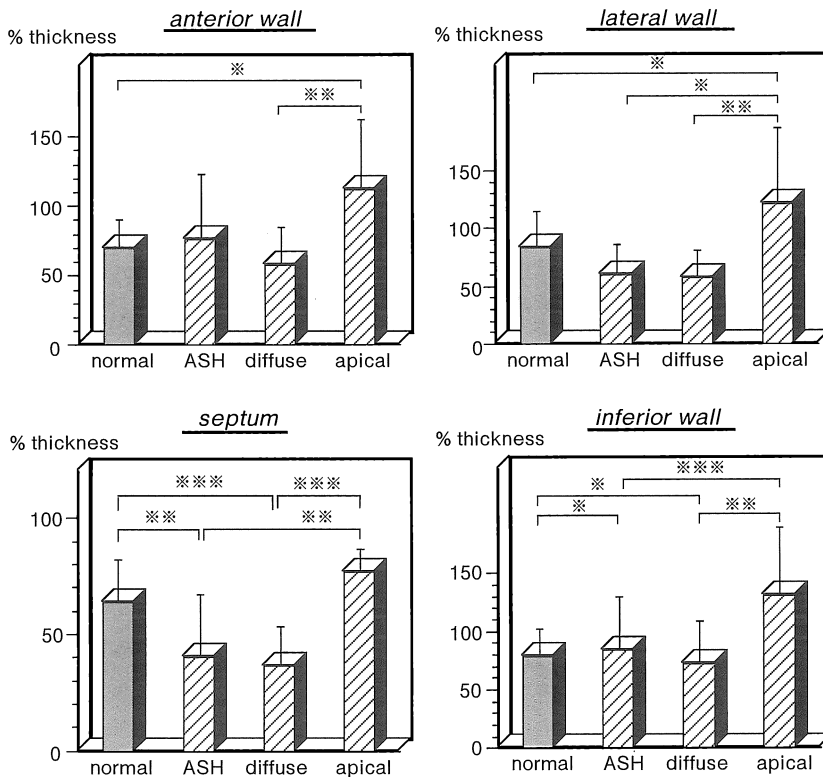


Fig. 6 Comparison of % thickening of LV wall between normal and hypertrophic cardiomyopathy type (normal : n=12, ASH : n=25, diffuse : n=15, apical : n=9, ※:p<0.05, ※※:p<0.01, ※※※: p<0.001)

壁は正常者との有意差を認めなかった。Diffuse 群は全体に収縮率が低く、中隔および下壁では正常者と比べ有意に低値を示した。これらは視覚的評価によく一致したが、より客観的にこれを裏づける結果であった。

### 考 察

心電図同期 SE 法によるマルチスライス心 MRI は、心臓の形態把握に有用であり、心筋梗塞や奇形を中心とする先天性心疾患、さらには弁膜症や各種大血管疾患の評価に広く利用されている。HCM に関する MRI の臨床応用としても、これまでのところ心電図同期 SE 法に

よる形態的な検討が主であり、壁厚や心筋量を測定して心エコーや心筋シンチグラフィ所見と対比し、その有用性を報告するものが多かった<sup>2)~8)</sup>。また最近では MRI のもつ高い軟部組織間のコントラストを利用したり<sup>16)</sup>、造影剤 Gd-DTPA を投与して増強パターンをみることにより<sup>17)</sup>、心筋組織性状を検討する試みが行われるようになっている。

しかし、SE 法による撮像は高い空間分解能を維持しようとするとかかなりの時間を要し、形態診断のみに終わらざるを得ないことが多い。また、他検査と壁厚値を対比するためには、各長軸に沿った最大断面で拡張末期像を得る必要があるが、SE 法によるマルチスライス撮像

では各画像の心時相は異なっており、目的とする断層面で拡張末期像を得るためには心電図 R 波から 90°パルスまでの間に適当な delay time を置くなどの工夫が必要である<sup>11)</sup>。ただしこの場合、一度に撮像できるスライス数が大幅に制限され、広範囲の詳細な形態把握が困難になる可能性も生じてくる。

一方、FLASH 法によるシネ MRI では、撮像断面は各撮像ごとに 1 スライスしか得られないが、左室の収縮様式を詳細に観察することができる利点を有する。また、肥大型心筋症の場合、冠動脈や短絡血管など細かな血管構造を描出したり追跡する必要はなく、長軸 2 方向の最大断層面や 2~3 スライスの短軸断層面を得ることにより左室各箇所の壁肥厚状態等、形態把握が十分可能である。SE 法に比べ空間分解能はやや劣るものの、心筋と心内腔のコントラストは十分得られるため、壁厚測定にも支障はない。

今回の検討でも長軸四腔断像を用いて測定した心室中隔および後壁の壁厚は UCG で得られた値と比較的よく一致し、有意の正相関を認めた。UCG による心筋壁厚の測定は、非侵襲的で簡便な方法としてすでに確立されたものであるが、術者の技量に左右され、また患者の体型によっては心尖部が十分描出できないこともある。このため客観的情報を得ることのできる MRI による壁厚測定は経過観察にも有用である<sup>3),5),6)</sup>。

心筋収縮様式の評価やその程度は、視覚的にシネ画像を動画で観察することによりある程度可能であったが<sup>9),11),12)</sup>、客観性に乏しく、収縮程度の絶対的評価は困難であった。拡張期、収縮期の左室輪郭を抽出した上で客観的に評価するのが望ましいが、専用の解析装置を必要とするなど必ずしも日常臨床検査の中で簡便に施行できるとは言えない。今回我々は、拡張末期、収縮末期の壁厚測定を行い局所収縮率を求めることにより左室収縮様式を定量的に評価したが、客観的に評価することが可能で日常検査

の中でも十分施行可能と思われた。左室短軸像より求めた局所心室壁収縮率と拡張末期壁厚とは各箇所とも有意の負の相関を認めた。HCM は心筋肥大により左室コンプライアンスが低下するため病初期より拡張期の動態異常が出現するのが特徴であるが<sup>18)</sup>、駆出分画などで評価される収縮期心機能は良好とされる。しかし HCM で駆出期の各指標が高値を示すのは後負荷の減少によるものとされ、心筋そのものの収縮力は低下しているという報告が多い<sup>19)</sup>。Arrive からも ASH を呈する HCM 10 例を正常対照と比較し、中隔肥厚の高度な症例は収縮率が小さいことを報告している<sup>12)</sup>。特に安静時にも流出路狭窄が見られる症例は中隔肥厚が著しく、さらに局所収縮率が低下していたとしている。今回の結果からも、病理学的変化を反映して肥厚の程度とともに収縮力が低下しているのが明らかに示されていた。

各群別に測定し正常者と比較した場合は病型別のより詳細な情報が得られた。ASH, diffuse 両群は心筋肥厚に伴い収縮低下がみられる傾向にあったが、apical 群のみこれと異なり全周性にむしろ収縮亢進がみられた。これは電子ビーム方式の CT による過去の報告とも一致し<sup>20)</sup>、この病型の特殊性を裏付けるものと思われた。

FLASH 法によるシネ MRI で 1 スライス撮像するのに要する時間は、1 方向のマルチスライス T<sub>1</sub> 強調像を得るのとはほぼ同程度である。このため多方向のシネ画像を得ようとすると検査時間が長くなり、現時点では一連の検査内で SE 法もあわせて施行するのは困難である。しかし、最近では高速 gradient echo 法と k-space segmentation 法の組み合わせにより呼吸停止下での短時間シネ撮像も可能になってきており<sup>21)</sup>、日常臨床において検査時間を過度に長引かせることなく心筋性状と機能の両面から詳細な観察が行えるようになると期待できる。また、今後 1 心周期に得られるスライス枚数がさらに増えれば心室内腔容積の経時的変化を解

析することにより、拡張早期指標など従来核医学検査で得られた情報も解析でき、より詳細な病態評価が可能になるものと思われる。

本論文の要旨の一部は1995年9月、第23回日本磁気共鳴学会大会（東京）において発表した。

謝辞：稿を終えるにあたり、貴重な症例とともに心エコーをはじめとする臨床情報を提供いただいた第二内科循環器部門の諸先生方に深謝致します。

## 文 献

- 1) Report of the WHO/ISFC Task Force on the definition and classification of cardiomyopathies. *Br Heart J*, 44 : 672-673, 1980.
- 2) Higgins CB, Byrd III BF, Stark D, et al. : Magnetic resonance imaging in hypertrophic cardiomyopathy. *Am J Cardiol*, 55 : 1121-1126, 1985.
- 3) 西村恒彦, 永田正毅, 植原敏勇, 他 : 心電図同期MRIによる肥大型心筋症 (Hypertrophic Cardiomyopathy) の診断—心エコー図, 心筋シンチグラフィとの対比—. *NMR 医学*, 5 : 21-28, 1985.
- 4) Suzuki J, Sakamoto T, Takenaka K, et al. : Assessment of the thickness of the right ventricular free wall by magnetic resonance imaging in patients with hypertrophic cardiomyopathy. *Br Heart J*, 60 : 440-445, 1988.
- 5) 松田哲也, 長野 豊, 橋本 恵, 他 : 肥大型心筋症における壁厚の定量的評価 : 磁気共鳴映像, 心室造影法, 心エコー図の比較. *J Cardiol*, 18 : 1033-1041, 1988.
- 6) Gaudio C, Pelliccia F, Tanzilli G, et al. : Magnetic resonance imaging for assessment of apical hypertrophy in hypertrophic cardiomyopathy. *Clin Cardiol*, 15 : 164-168, 1992.
- 7) Usui M, Inoue H, Suzuki J, et al. : Relationship between distribution of hypertrophy and electrocardiographic changes in hypertrophic cardiomyopathy. *Am Heart J*, 126 : 177-183, 1993.
- 8) Allison JD, Flickinger FW, Wright JC, et al. : Measurement of left ventricular mass in hypertrophic cardiomyopathy using MRI : comparison with echocardiography. *Magn Reson Imag*, 11 : 329-334, 1993.
- 9) 富口静二, 高橋陸正 : Cine MRIによる心筋症の評価. *日本臨床*, 49 : 110-115, 1991.
- 10) Suzuki J, Chang J, Caputo GR, et al. : Evaluation of right ventricular early diastolic filling by cine nuclear magnetic resonance imaging in patients with hypertrophic cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol*, 18 : 120-126, 1991.
- 11) 吉岡邦浩, 高橋恒男 : 肥大型心筋症のシネMRI. *日磁医誌*, 12 : 282-288, 1992.
- 12) Arrive L, Assayag P, Russ G, et al. : MRI and cine MRI of asymmetric septal hypertrophic cardiomyopathy. *J Comput Assist Tomogr*, 18 : 376-382, 1994.
- 13) Haase A, Frahm J, Matthaei D, et al. : FLASH imaging. Rapid NMR imaging using low flip-angle pulses. *J Magn Reson*, 67 : 258-266, 1986.
- 14) Dinsmore RE, Wismer GL, Levine RA, et al. : Magnetic resonance imaging of the heart : positioning and gradient angle selection for optimal imaging planes. *AJR*, 143 : 1135-1142, 1984.
- 15) 塩崎 宏 : シネ磁気共鳴画像法による心筋梗塞の診断—タリウム心筋SPECTとの比較を中心に—. *日本医放会誌*, 53 : 11-22, 1993.
- 16) Farmer D, Higgins CB, Yee E, et al. : Tissue characterization by magnetic resonance imaging in hypertrophic cardiomyopathy. *Am J Cardiol*, 55 : 230-232, 1985.
- 17) 山門亨一郎, 竹田 寛, 佐久間肇, 他 : MRIによる肥大型心筋症の組織性状の検討—Gd-DTPAの有用性について—. *日磁医誌*, 11 : 75-82, 1992.
- 18) Bonow RO, Rosing DR, Bacharach SL, et al. : Effects of verapamil on left ventricular systolic function and diastolic filling in patients with hypertrophic cardiomyopathy. *Circulation*, 64 : 787-796, 1981.
- 19) Pouleur H, Rousseau MF, Eylil C, et al. : Force-velocity-length relationship in hypertrophic cardiomyopathy: evidence of normal or depressed myocardial contractility. *Am J Cardiol*, 52 : 813-817, 1983.

- 20) 関谷 透, 白川崇子, 坂本二哉, 他 : 超高速 CT による肥大型心筋症の診断. 臨床放射線, 37 : 43-47, 1992. the heart in a single breath hold with a segmented turbo FLASH sequence, Radiology, 178 : 357-360, 1991.
- 21) Atkinson DJ, Edelman RR : Cineangiography of

## **Cine Magnetic Resonance Imaging in Hypertrophic Cardiomyopathy —Evaluation of Left Ventricular Wall Thickness and Systolic Function—**

Yoichi ISHINO, Katsumi NAKAMURA, Kannji EGASHIRA, Hajime NAKATA

*Department of Radiology, University of Occupational and Environmental Health  
1-1 Iseigaoka, Yahatanishi-ku, Kitakyushu-shi, 807*

Cine magnetic resonance imaging (MRI) was performed on 21 patients with hypertrophic cardiomyopathy and left ventricular (LV) regional systolic function was quantitatively evaluated. The visual evaluation of hypertrophic regions and the motion patterns of their walls on cine MR images was possible in most cases. However, this evaluation was subjective and a quantitative analysis was difficult. Septal and posterior wall thickness measured on cine MRI correlated well with those obtained by ultrasound cardiogram (UCG). There was also a good correlation between % thickness of LV wall and its thickness at end diastolic phase. Comparison of % thickness between normal subjects and hypertrophic cardiomyopathies showed a tendency of it being less at the region of more severe hypertrophic change. We conclude that cine MRI is a useful means to analyse the anatomical feature and functional change in hypertrophic cardiomyopathy.