

Gadolinium-Diethylenetriamine-penta-Acetic Acid 造影磁気共鳴画像による左室心筋内異常高信号の意義：肥大型心筋症における検討

Clinical Significance of Abnormal High Signal Intensity of Left Ventricular Myocardium by Gadolinium-Diethylenetriamine-penta-Acetic Acid Enhanced Magnetic Resonance Imaging in Hypertrophic Cardiomyopathy

小糸 仁史
鈴木 淳一
中森 久人
大久保直彦
若山 由佳
岩坂 壽二
稲田 満夫
加藤 勤*

Hitoshi KOITO
Junichi SUZUKI
Hisato NAKAMORI
Naohiko OHKUBO
Yuka WAKAYAMA
Toshiji IWASAKA
Mitsuo INADA
Tsutomu KATOH*

Abstract

The significance of abnormal high signal intensity observed in left ventricular myocardium by gadolinium-diethylenetriamine-penta-acetic acid (Gd-DTPA) enhanced magnetic resonance (MR) imaging in hypertrophic cardiomyopathy (HCM) patients was assessed by comparison with T₁-weighted MR imaging, thallium-201 (²⁰¹Tl) myocardial scintigraphy, radionuclide angiocardigraphy, M-mode echocardiography, electrocardiography, and chest radiography. The 16 patients were divided into three groups: 8 patients (group I) with abnormal high signal intensity before and after Gd-DTPA enhancement, 4 (group II) with abnormal high signal intensity only after enhancement and 4 (group III) without abnormal high signal intensity.

Thallium-201 myocardial single photon emission computed tomography (SPECT) showed 4 of the 8 patients in group I, 3 of the 4 patients in group II and only 1 of the 4 patients in group III had abnormalities of regional ²⁰¹Tl uptake in the left ventricular myocardium. No significant difference in left ventricular ejection fraction (LVEF) was seen between groups I, II, and III (64±13%, 67±17% and 71±7%, respectively) although three patients of group I had LVEF of less than 55%. Left ventricular peak filling rates (PFR) of groups I and II were significantly lower than that of group III (1.90±0.44, 2.41±0.43 and 3.37±0.48 EDV/sec, respectively). Group I had larger end-diastolic left ventricular dimension (LVDd), significantly larger end-systolic left ventricular dimension (LVDs), and smaller % fractional shortening (%FS) than group III (49±4 vs 42±6 mm, 31±5 vs 22±4 mm, and 38±8 vs 49±4%, respectively).

Abnormal high signal intensity in left ventricular myocardium in HCM seems to reflect myocardial ischemia and fibrosis due to small vessel disease, or myocardial degeneration and necrosis. Patients with this abnormal high signal intensity have reduced left ventricular diastolic function, larger left ventricular dimension, and reduced systolic function, so we conclude that Gd-DTPA enhanced MR imaging may detect the early process of the dilated phase of HCM.

関西医科大学 第二内科・心臓血管病センター, *放射線科: 〒570 大阪府守口市文園町 1

The Second Department of Internal Medicine, Cardiovascular Center and *Department of Radiology, Kansai Medical University, Moriguchi

Address for reprints: Korro H, MD, The Second Department of Internal Medicine, Kansai Medical University, Fumizono-cho 1, Moriguchi, Osaka 570

Received for publication May 2, 1994; accepted December 27, 1994

Key Words

cardiomyopathy (hypertrophic), magnetic resonance imaging, radioisotopes (Gd-DTPA, ^{201}Tl SPECT myocardial scintigraphy)

はじめに

心臓領域の心電図同期による磁気共鳴画像 (magnetic resonance imaging : MRI) は造影剤を用いずに心筋壁と心内腔を明瞭に区別でき、任意の断面の撮像が可能で視野が広くとれるので、各種心疾患の形態的評価に有用である¹⁾。肥大型心筋症 (hypertrophic cardiomyopathy : HCM) においても心筋壁肥厚の部位や程度の判定に有用と報告されている²⁾。また、MRI は心筋組織性状の評価も可能であり、急性心筋梗塞症における高信号領域の出現^{3,4)}や肥大心筋における高信号および信号強度の不均一性の報告⁵⁻⁸⁾がみられる。一方、MRI 造影剤である gadolinium-diethylenetriaminepenta-acetic acid (Gd-DTPA) は急性心筋梗塞症における梗塞部位に造影効果が認められるが⁹⁻¹¹⁾、HCM においても造影効果のみられる症例がある^{7,8)}。そこで、本研究では HCM において Gd-DTPA 造影 MRI でみられる左室心筋内異常高信号の臨床的意義を明らかにすることを目的とし、 Tl-201 myocardial single photon emission computed tomography (^{201}Tl 心筋 SPECT)、心 RI アンジオグラフィ、M モード心エコー図、心電図、胸部 X 線所見と比較検討した。

対象と方法

対象は厚生省特定疾患特発性心筋症調査研究班による「特発性心筋症診断の手引き」¹²⁾により診断された HCM 16 例 (男 9 例、女 7 例) であり、年齢は、18-75 歳で、平均年齢 55 ± 17 歳、その内訳は非対称性中隔肥大 (asymmetrical septal hypertrophy : ASH) がみられ流出路閉塞を認めない非閉塞型肥大型心筋症 (hypertrophic nonobstructive cardiomyopathy : HNCM) 11 例、流出路閉塞を認める閉塞型肥大型心筋症 (hypertrophic obstructive cardiomyopathy : HOCM) 3 例、心尖部肥大型心筋症 (apical hypertrophy : APH) 2 例である。

MRI は東芝製超電導型 MRI 1.5 T (MRT-200 FXIII, super version) を用い、心電図同期スピンエコー法でエコー時間を 30 msec、繰り返し時間を R-R 間隔とし、加算回数 2 回、FOV 35 cm、マトリックス 256×160 、スライス厚 10 mm で行った。

既報のごとく¹³⁾左室長軸四腔断面像および左室短軸断面像を撮像した後、Gd-DTPA 0.1 mm/kg (0.2 ml/kg) を静脈内投与し、5 分後より同条件で同じ断面像を撮像した。Gd-DTPA 造影前後で西村ら¹⁴⁾の方法を応用し、左室心筋内の異常高信号の有無を 3 人の検者の合意により視覚的に判定した。この結果により Gd-DTPA 造影前左室心筋内異常高信号 (+)・造影後異常高信号 (+) の I 群 8 例 (HNCM 7 例・HOCM 1 例、男 4 例・女 4 例、平均年齢 62 ± 13 歳; 39-75 歳)、造影前異常高信号 (-)・造影後異常高信号 (+) の II 群 4 例 (HNCM 2 例・HOCM 1 例・APH 1 例、男 2 例・女 2 例、平均年齢 53 ± 10 歳; 46-67 歳)、造影前異常高信号 (-)・造影後異常高信号 (-) の III 群 4 例 (HNCM 2 例・HOCM 1 例・APH 1 例、男 3 例・女 1 例、平均年齢 41 ± 22 歳; 18-66 歳) に分類した。

心筋 SPECT 撮像は東芝製シンチカメラ GCA 90B を用い、安静状態で ^{201}Tl 111 MBq を静脈内投与し撮影した。左室短軸像、水平長軸像、垂直長軸像から視覚的に 3 人の検者の合意により左室心筋への ^{201}Tl の取り込み低下の有無を判定した。また心 RI アンジオグラフィは東芝製シンチカメラ GCA 401-5 を用い、Tc-99m HSA-D 740 MBq を右尺側肘静脈もしくは頸静脈よりポーラス注入し、variable ROI 法で右室および左室の各位相ごとに輪郭描出を行い、左室容積曲線、一次微分曲線を作成した。1 回循環時法より右室駆出分画 (right ventricular ejection fraction : RVEF) を、心電図同期平衡時法より左室駆出分画 (left ventricular ejection fraction : LVEF) および左室最大充満速度 (peak filling rate : PFR) を算出し、各群間で比較した。

M モード心エコー図法はアロカ製 SSD870 を用い 2.5 もしくは 3.5 MHz の探触子でペーパー速度 100 mm/sec でを行い、左室拡張末期径 (end-diastolic left ventricular dimension : LVDd)・左室収縮末期径 (end-systolic left ventricular dimension : LVDs)・左室横径短縮率 (%fractional shortening : %FS)・心室中隔壁厚 (interventricular septal thickness : IVST)・左室後壁厚 (posterior wall thickness : PWT) を計測した。心電図からは左室肥大の voltage criteria である $\text{SV}_1 + \text{RV}_5$ or or_6 を、胸部 X 線からは心胸郭比を算出した。

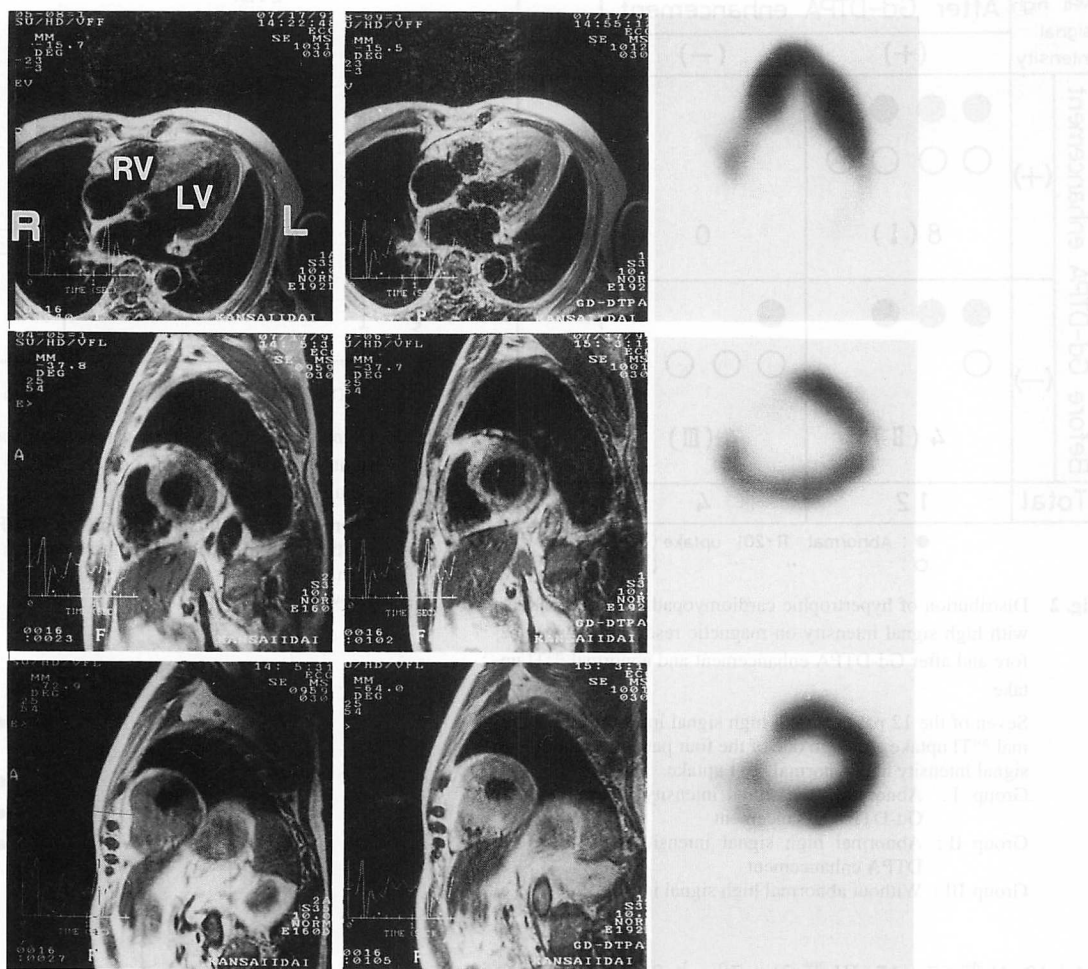


Fig. 1 Four-chamber long-axis view (*upper row*), basal short-axis view (*middle row*) and apical short-axis view (*lower row*) of T1-weighted magnetic resonance images (*left column*), Gd-DTPA enhanced magnetic resonance images (*middle column*) and ^{201}Tl SPECT myocardial scintigrams (*right column*)

T1-weighted magnetic resonance images show partial high signal intensity in the anteroseptal and inferior left ventricular myocardium.

Gd-DTPA enhanced magnetic resonance images show increased magnitude and extent of high signal intensity.

^{201}Tl SPECT myocardial scintigrams show abnormal uptake in the anteroseptal and inferior left ventricular myocardium.

LV = left ventricle; RV = right ventricle

統計学的処理は、各群の各指標を平均±標準偏差で表し、各群間の比較には分散分析法 (ANOVA) を用い $p < 0.05$ をもって有意差の判定とした。

成 績

最初に症例を示す。Fig. 1 は I 群の 1 例であるが、左の列より Gd-DTPA 造影前 MRI 像、造影後 MRI 像、心筋 SPECT 像を示す。上段より左室長軸四腔断面像、左室基部側短軸断面像、心尖部寄り短軸断面像で、SPECT 心筋シンチ像はそれらとほぼ同一の断面像である。MRI では心室中隔の肥大がみられ、Gd-DTPA 造

影前に左室前壁、心室中隔、下壁の一部に高信号領域を認める。造影後には高信号の程度および高信号を示す領域の増大がみられる。SPECT 心筋シンチグラムでは Gd-DTPA 造影 MRI で高信号がみられた領域に、ほぼ一致して ^{201}Tl の取り込み低下が存在する。他の症例でも、高信号領域と ^{201}Tl 取り込み低下領域は、ほぼ一致していた。

^{201}Tl 心筋 SPECT では I 群 8 例中 4 例 (50%)、II 群 4 例中 3 例 (75%)、III 群 4 例中 1 例 (25%) に ^{201}Tl 取り込み低下領域がみられた (Fig. 2)。

心 RI アンジオグラフィーより算出した LVEF は I 群

MRI high signal intensity	After Gd-DTPA enhancement		Total
	(+)	(-)	
Before Gd-DTPA enhancement	(+)		8
	(-)		8
Total	12	4	16

● : Abnormal Tl-201 uptake (+)
○ : " " (-)

Fig. 2 Distribution of hypertrophic cardiomyopathy (HCM) patients with high signal intensity on magnetic resonance images before and after Gd-DTPA enhancement and abnormal ²⁰¹Tl uptake

Seven of the 12 patients with high signal intensity had abnormal ²⁰¹Tl uptake although one of the four patients without high signal intensity had abnormal ²⁰¹Tl uptake.

Group I: Abnormal high signal intensity before and after Gd-DTPA enhancement

Group II: Abnormal high signal intensity only after Gd-DTPA enhancement

Group III: Without abnormal high signal intensity

64±13, II群 67±17, III群 71±7% と3群間に有意な差はなかったが, I群の3例でわれわれの施設でのLVEFの正常下限値である55%以下であった(Fig. 3). RVEFはI群 53±10, II群 63±12, III群 54±7%と差を認めなかった(Fig. 3). 左室拡張機能の指標であるPFRはI群 1.90±0.44, II群 2.41±0.43, III群 3.37±0.48 EDV/secとI・II群でIII群より有意に低い値を示した(Fig. 4).

Mモード心エコー図から求めたLVDdは, I群 49±4, II群 48±9, III群 42±6 mmと有意差はないもののI群でIII群より大きい傾向を示した(Fig. 5). LVDsはI群 31±5, II群 29±11, III群 22±4 mmとI群でIII群より大きかった(Fig. 5). %FSはI群 38±8, II群 42±12, III群 49±4%と, I群でIII群よりも低い傾向にあった(Fig. 6). IVST+PWTはI群 31±5, II群 28±2, III群 29±8 mmと差はなかった(Fig. 6). 心電図のSV₁+RV_{5or6}はI群 56±18, II群 48±9, III群 47±10 mmと3群間に差はなく, 胸部X線の心胸郭比もI群 60±8, II群 56±3, III群 53±7%と有意な差は認められなかつ

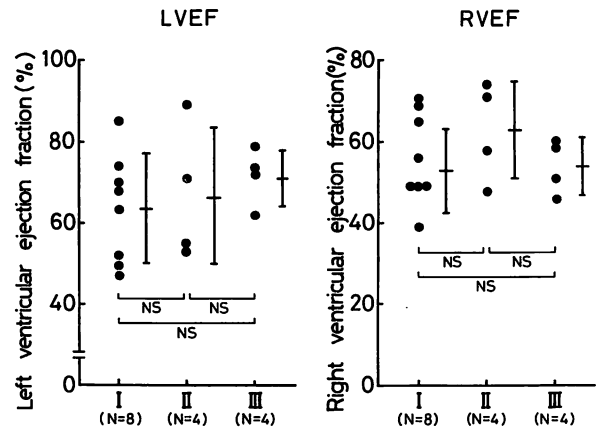


Fig. 3 Comparison of left ventricular ejection fraction (LVEF) and right ventricular ejection fraction (RVEF) between the three groups

There was no significant difference of LVEF or RVEF between the three groups although the three patients in group I had less than 55% LVEF.

Groups I-III as in Fig. 2.

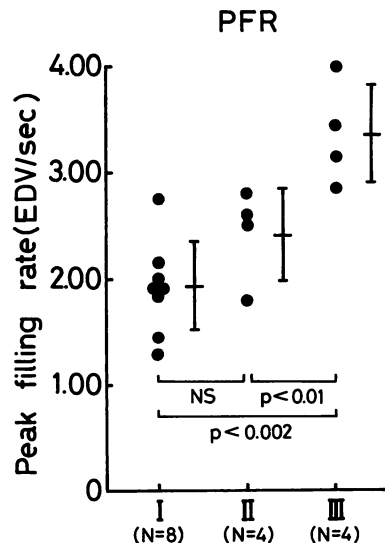


Fig. 4 Comparison of left ventricular peak filling rate (PFR) between the three groups

PFRs in groups I and II were significantly lower than that in group III.

Groups I-III as in Fig. 2.

た(Fig. 7).

考 案

肥大型心筋症は原因不明の心筋肥大をきたす疾患で, 壁肥厚による心室拡張期コンプライアンスの低下および拡張期流入障害が機能的特徴で収縮性は良好とされているが, 一部に, 末期に至り収縮性の低下および心室拡大をきたし拡張型心筋症様のうっ血性心不全

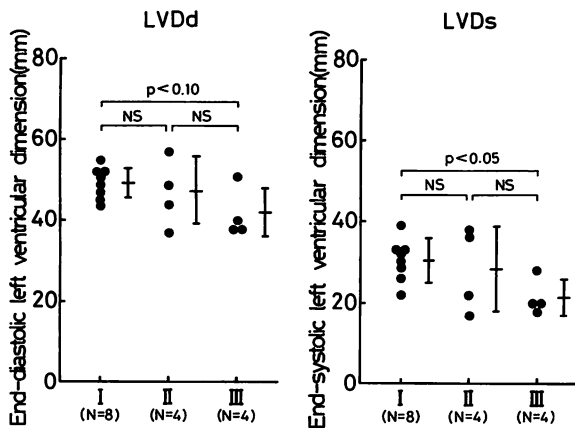


Fig. 5 Comparison of end-diastolic left ventricular dimension (LVDd) and end-systolic left ventricular dimension (LVDs) between the three groups

LVDd in group I was higher than that in group III. LVDs in group I was significantly higher than that in group III. Groups I-III as in Fig. 2.

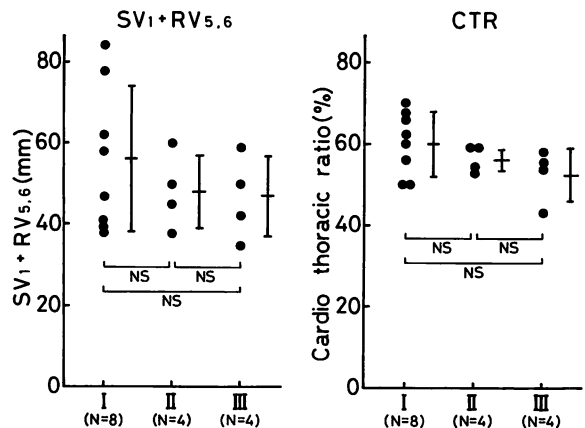


Fig. 7 Comparison of SV₁+RV₅ or ₆ and cardiothoracic ratio (CTR) between the three groups

No significant difference of SV₁+RV₅ or ₆ or CTR was seen. Groups I-III as in Fig. 2.

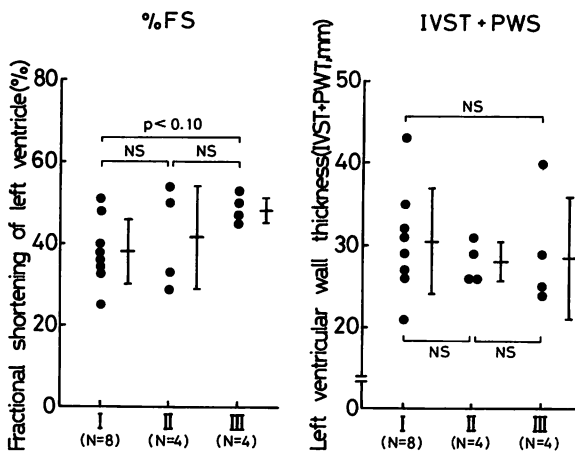


Fig. 6 Comparison of fractional shortening of the left ventricle (%FS) and left ventricular wall thickness (IVST+PWT) between the three groups

%FS in group I was smaller than that in group III. There was no significant difference of IVST+PWT.

IVST=interventricular septal thickness; PWT=posterior wall thickness
Groups I-III as in Fig. 2.

をきたす一群がみられる¹⁴⁻¹⁹⁾。このような拡張相への移行を早期に捉えることは、肥大型心筋症の自然経過を考えるうえで、また治療法の選択や予後を判定するうえで非常に有用である。

心電図同期 MRI は正常者^{20,21)} および肥大型心筋症患者²⁾ における心筋壁厚の評価では心エコー図法と同等の情報が得られる。また広い視野が取れ、心筋肥大の

全体像が把握でき、心尖部の評価も容易であるという点では心エコー図法より優れている。このように、肥大型心筋症の形態評価における MRI の有用性に関しては、異論がない。一方、心電図同期 MRI の肥大型心筋症における心筋性状の評価に関しては、Farmer ら⁵⁾ が肥大心筋内の高信号領域および低信号領域の出現を認め、高信号は虚血、低信号は線維化によるものと報告している。また Zahler ら⁶⁾、Nishimura ら¹⁹⁾ は肥大心筋内における信号強度の不均一性を報告し、さらに Nishimura ら⁷⁾ は肥大型心筋症患者の 38% に心筋内高信号を認めたと報告している。この値は今回われわれが肥大型心筋症 16 例中 8 例 (50%) に認めた値より低い。これは彼らが体軸横断面像のみで評価したのに対して、われわれが長軸四腔断面像および短軸断面像により詳細に左室心筋を評価したためと考えられる。

常磁性体イオンである Gd をキレートさせた Gd-DTPA は MRI 造影剤として T₁ 短縮効果により T₁ 強調画像で造影効果がみられる²²⁾。肥大型心筋症における Gd-DTPA 造影 MRI に関しては、Nishimura ら⁷⁾ は 8 例中 5 例、Yamakado ら⁸⁾ は 29 例中 6 例に造影効果を認めている。また Yamakado ら⁸⁾ は高信号および著明な造影効果を認める心筋内にみられる多発性の低信号領域を foamy pattern として高度の線維化ではないかとしている。今回のわれわれの検討では、彼らのいう foamy pattern は認めなかったが、LVEF が一番低い症例でも 47% と軽度の低下であり、明らかな拡張型心筋症様病態に至るものはなかったためと考えられた。

²⁰⁾Tl 心筋 SPECT の取り込み低下は、Gd-DTPA 造影

MRIで左室心筋内異常高信号を示したI・II群12例中7例に認められたが、異常高信号を示さないIII群では4例中1例に認められただけであった。このことは、Gd-DTPA造影MRIで高信号を示す部位が心筋虚血、壊死あるいは線維化を反映している可能性を示している。Braschら²³⁾によると、Gd-DTPAは静脈内投与された後、急速に血管内から血管外に移行し組織の細胞外間質に分布するとされている。また心筋症ハムスターにGd-DTPA造影MRIを施行した場合、肉芽組織および線維化組織により強く増強効果があり、線維化組織が古くなると増強されなくなるとのことである²⁴⁾。これらのことより、肥大型心筋症においてGd-DTPA造影MRIで左室心筋内に異常高信号を示す部位は心筋変性や冠微小循環障害による虚血および線維化を反映する可能性があると考えられた。また散在性の線維化巣は、マスクされやすい傾向のある²⁰¹Tl心筋SPECT像よりGd-DTPA造影MRIのほうが、鋭敏にこれら組織変化を捉えられるのではないかと考えられた。

今回のわれわれの結果で、I群がIII群よりLVDsは大きくLVDdは大きい傾向にあり、%FSは低い傾向にあったこと、I群は3例でLVEFが55%以下で、II群の2例で60%以下であったことから、Gd-DTPA造影MRIで左室心筋内異常高信号を示す症例は、左室内腔は拡大傾向に、収縮機能は低下傾向にあり、拡張相への移行過程を早期に捉えている可能性があると考えら

れた。またPFRがI・II群でIII群より低く、III群で3.37 EDV/secと比較的高い値を示したが、I・II群で明らかに低く、これら症例では拡張機能もより高度に障害されていると考えられた。各指標においてI・II群に有意差はないもののI群でII群よりLVEF、%FS、PFRは低い傾向にあり、LVDd、LVDs、心胸郭比は大きい傾向にあり、I群はII群より障害の程度が高度であると推測された。

肥大型心筋症の自然経過は他の疾患同様、肥大の発現、進行、完成、収縮心筋の欠落、線維化の過程をたどっており²⁵⁾、Gd-DTPA造影MRIは収縮心筋の欠落や線維化の過程を早期に捉えている可能性があると考えられた。今回の検討は16例という少数例の検討であり、今後症例数を増やし、さらなる検討が必要と考えられる。

結 語

肥大型心筋症においてGd-DTPA造影MRIで左室心筋内異常高信号を示す部位は、心筋変性や冠微小循環障害による虚血および線維化を反映している可能性があり、それらの症例の左室拡張機能は低下し、左室内腔は拡大傾向に、収縮機能は低下傾向にあり、拡張相への移行過程を早期に捉えている可能性があると考えられた。

要 約

肥大型心筋症において、Gd-DTPA造影MRIで観察された左室心筋内異常高信号の臨床的意義を検討した。対象はGd-DTPA造影MRI、²⁰¹Tl心筋SPECT、心プールシンチグラフィ、Mモード心エコー図法、心電図、胸部X線が施行された肥大型心筋症16例で、MRI T₁強調画像および同条件で撮像したGd-DTPA造影像より造影前異常高信号(+)・造影後異常高信号(+)のI群8例、造影前異常高信号(-)・造影後異常高信号(+)のII群4例、造影前異常高信号(-)・造影後異常高信号(-)のIII群4例に分類した。MRIは東芝製MRI 1.5 Tを用い、心電図同期スピンエコー図法でGd-DTPA 0.1 mm/kg (0.2 ml/kg)を静脈内投与し、造影前後に左室長軸四腔断面像および左室短軸断面像を撮像した。

²⁰¹Tl心筋SPECTではI群4/8例、II群3/4例、III群1/4例に²⁰¹Tlの取り込み低下がみられた。心プールシンチグラムでは左室駆出分画(LVEF)はI群64±13、II群67±17、III群71±7%と3群間に有意差はなかったが、I群の3例で55%以下であった。右室駆出分画(RVEF)はI群53±10、II群63±12、III群54±7%と差はなかった。左室最大充満速度(PFR)はI群1.90±0.44、II群2.41±0.43、III群3.37±0.48 EDV/secとI・II群でIII群に比し有意に低い値を示した。Mモード心エコー図では左室拡張末期径(LVDd)はI群49±4、II群48±9、III群42±6 mmとI群でIII群より大きい傾向にあった。左室収縮末期径(LVDs)はI群31±5、II群29±11、III

群 22 ± 4 mm と I 群で III 群より有意に大であった。%FS は I 群 38 ± 8 , II 群 42 ± 12 , III 群 49 ± 4 % と I 群で III 群より小さい傾向にあった。心室中隔壁厚と左室後壁厚の和 (IVST+PWT) は I 群 31 ± 5 , II 群 28 ± 2 , III 群 29 ± 8 mm と差はなかった。心電図の $SV_i + RV_{s,or6}$ は I 群 56 ± 18 , II 群 48 ± 9 , III 群 47 ± 10 mm と差はなく、心胸郭比も I 群 60 ± 8 , II 群 56 ± 3 , III 群 53 ± 7 % と差はなかった。

肥大型心筋症において Gd-DTPA 造影 MRI で左室心筋内高信号を示すものは、心筋変性や冠微小循環障害による虚血および線維化を反映している可能性があると考えられ、左室拡張機能は低下しており、左室内腔は拡大傾向に、収縮機能も低下傾向にあり、拡張相への移行過程を早期に捉えている可能性があると考えられた。

— J Cardiol 1995; 25: 163–170 —

文 献

- 1) Lanzer P, Botvinick EH, Schiller NB, Crooks LE, Arakawa M, Kaufman L, Davis PL, Herfkens R, Lipton MJ, Higgins CB : Cardiac imaging using gated magnetic resonance. *Radiology* 1984; **150** : 121–127
- 2) Higgins CB, Byrd BF III, Stark D, McNamara M, Lanzer P, Lipton MJ, Schiller NB, Botvinick E, Chatterjee K : Magnetic resonance imaging in hypertrophic cardiomyopathy. *Am J Cardiol* 1985; **55** : 1121–1126
- 3) Higgins CB, Herfkens R, Lipton MJ, Sievers R, Sheldon P, Kaufman L, Crooks LE : Nuclear magnetic resonance imaging of acute myocardial infarction in dogs : Alterations in magnetic relaxation times. *Am J Cardiol* 1983; **52** : 184–188
- 4) Fisher MR, McNamara MT, Higgins CB : Acute myocardial infarction : MR evaluation in 29 patients. *AJR* 1987; **148** : 247–251
- 5) Farmer D, Higgins CB, Yee E, Lipton MJ, Wahr D, Ports T : Tissue characterization by magnetic resonance imaging in hypertrophic cardiomyopathy. *Am J Cardiol* 1985; **55** : 230–232
- 6) Zahler R, Chelman D, Gore J : Heterogeneous signal intensity in magnetic resonance images of hypertrophied left ventricular myocardium in man. *Proceedings of 5th SNMR meeting (Toronto)* 1986; p 362
- 7) Nishimura T, Yamada N, Nagata S : Appearance of high signal intensity and gadolinium-DTPA contrast enhancement in hypertrophied myocardium by magnetic resonance imaging. *Shinzo* 1989; **21** : 1281–1286 (in Japanese)
- 8) Yamakado K, Takeda K, Sakuma H, Nakagawa T, Okamoto S, Konishi T, Nakano T : Tissue characterization by magnetic resonance imaging with Gd-DTPA enhancement in hypertrophic cardiomyopathy. *Jpn J Magn Reson Med* 1991; **11** : 75–82 (in Japanese)
- 9) Wesbey GE, Higgins CB, McNamara MT, Engelstad BL, Lipton MJ, Sievers R, Ehman RL, Lovin J, Brasch RC : Effect of gadolinium-DTPA on the magnetic relaxation times of normal and infarcted myocardium. *Radiology* 1984; **153** : 165–169
- 10) De Roos A, Doornbos J, Van der Wall EE, Van Voorthuisen AE : MRE imaging of acute myocardial infarction : Value of Gd-DTPA. *AJR* 1988; **150** : 531–534
- 11) 西村恒彦, 山田直明, 高宮 誠, 松田昌夫, 山本 達, 中藤秀明, 松井 忍, 村上暎二, 栗林幸夫, 松山正也, 井出 満, 原 一夫 : Gd-DTPA (dimeglumine gadopentetate, SHL 451A) の第 3 相比較臨床試験 : 心臓領域への応用. *医学のあゆみ* 1990; **155** : 57–67
- 12) 厚生省特定疾患特発性心筋症調査研究班 (班長 : 戸嶋裕徳) : 特発性心筋症診断の手引き. 1988, pp 13–15
- 13) Suzuki J, Koito H, Nakamori H, Iwasaka T, Inada M, Katoh T, Tanaka Y : Calculation of left ventricular mass by ECG-gated MRI. *Jpn J Magn Reson Med* 1993; **13** : 260–266 (in Japanese)
- 14) Maron BJ, Epstein SE, Roberts WC : Hypertrophic cardiomyopathy and transmural myocardial infarction without significant atherosclerosis of the extramural coronary arteries. *Am J Cardiol* 1979; **43** : 1086–1102
- 15) Fujiwara H, Onodera T, Tanaka M, Shirane H, Kato H, Yoshikawa J, Osakada G, Sasayama S, Kawai C : Progression from hypertrophic obstructive cardiomyopathy to typical dilated cardiomyopathy-like features in the end stage. *Jpn Circ J* 1984; **48** : 1210–1214
- 16) Yutani C, Imakita M, Ishibashi-Ueda H, Hatanaka K, Nagata S, Sakakibara H, Nimura Y : Three autopsy cases of progression to left ventricular dilatation in patients with hypertrophic cardiomyopathy. *Am Heart J* 1985; **109** : 545–553
- 17) Nagata S, Park Y, Minamikawa T, Yutani C, Kamiya T, Nishimura T, Kozuka T, Sakakibara H, Nimura Y : Thallium perfusion and cardiac enzyme abnormalities in patients with familial hypertrophic cardiomyopathy. *Am Heart J* 1985; **109** : 1317–1322
- 18) Maron BJ, Wolfson JK, Epstein SE, Roberts WC : Intramural (“small vessel”) coronary artery disease in hypertrophic cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol* 1986; **8** : 545–557
- 19) Nishimura T, Nagata S, Sakakibara H : Magnetic resonance imaging in familial hypertrophic cardiomyopathy associated with abnormal thallium perfusion and cardiac enzymes. *Jpn Circ J* 1988; **52** : 395–400
- 20) Byrd BF III, Schiller NB, Botvinick EH, Higgins CB : Normal cardiac dimensions by magnetic resonance imaging. *Am J Cardiol* 1985; **55** : 1440–1442
- 21) 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*

- 1985; 5 : 1369-1370
- 22) Weinmann H-J, Brasch RC, Press W-R, Wesbey GE : Characteristics of gadolinium-DTPA complex : A potential NMR contrast agent. *AJR* 1984; 142 : 619-624
- 23) Brasch RC, Weinmann H-J, Wesbey GE : Contrast-enhanced NMR imaging : Animal studies using gadolinium-DTPA complex. *AJR* 1984; 142 : 625-630
- 24) Aso H, Takeda K, Matsumura K, Itoh T, Yatani R, Okuda Y, Tagami T, Nakagawa T : Serial assessment of myocardial fibrosis in cardiomyopathic hamsters by means of Gd-DTPA enhanced MR imaging. *Jpn J Magn Reson Med* 1993; 13 (Suppl) : 413
- 25) 弘田雄三 : 肥大型心筋症, 血行動態 : 心筋症と心筋炎. 最新内科学体系 32 (井村裕夫, 尾形悦郎, 高久史磨, 垂井一郎編). 中山書店, 東京, 1991; pp 34-40