

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—

Gated Magnetic Resonance Imaging in Hypertrophic Cardiomyopathy

西村恒彦 (国立循環器病センター放射線診療部)
永田正毅 (国立循環器病センター心臓内科)
植原敏勇 (国立循環器病センター放射線診療部)
林田孝平 (同 上)
内藤博昭 (同 上)
今北 哲 (同 上)
高宮 誠 (同 上)
榊原 博 (国立循環器病センター心臓内科)
小塚隆弘 (大阪大学医学部放射線科)

キーワード

Gated magnetic resonance imaging, Hypertrophic cardiomyopathy, Hypertensive heart disease, Thallium scan, Echocardiography

要 旨

肥大型心筋症 13 例, 高血圧性心疾患 5 例を対象として, 心電図同期 MRI を施行, 心エコー図, 心筋スキャンの成績と対比検討した. 用いた装置は超伝導型 MRI 装置(磁場強度 1.5 Tesla)である. パルス系列はスピネコー法を用い, くり返し時間 0.6~1.0 sec, エコー時間 35, 70 msec とし, T_2 計算画像を求めた. 心室中隔から心尖部にかけて肥大の部位, 拡がり MRI にて明瞭に捉えられ, 心エコー図の壁厚測定とよく一致した. また, 心拡大を示す肥大型心筋症では, 心筋スキャンの欠損像に一致して, 心筋変性に伴う壁厚のひ薄化を認めた. 高血圧心では均等な心筋肥大を認めたが, 非対称性肥大を示す症例があり MRI のみで肥大型心筋症と鑑別は困難であった. さらに, 心拡大を示す肥大型心筋症にて高信号領域を認める症例があり, 心筋性状の判定が行える可能性を示した.

1 はじめに

肥大型心筋症(Hypertrophic Cardiomyopathy)は、左室心筋の異常な肥大に伴う左室拡張期コンプライアンスの低下を基本病態とする特発性心筋症である。臨床的には、厚生省河合班の診断基準が示すように、心エコー図にて心室中隔の肥厚、心筋生検にて奇妙な形の肥大心筋細胞、心筋細胞の錯綜配列を認める^{1)~4)}。また、左室流出路狭窄の有無により閉塞型と非閉塞型に大別できる。本症の非観血的診断法としては心エコー図が第一義的であり、これに加え、心拍同期心プールのシンチグラフィによる左室拡張能の評価、心筋シンチグラフィによる心筋肥大、変性の評価が行われることが多い^{5)~8)}。

一方、心臓領域におけるMRI(magnetic resonance imaging)は、心電図同期法の導入により、心内腔と心筋壁が明瞭に区別して描出できるようになった。また、急性心筋梗塞症などにおいて心筋性状の評価もある程度行えるようになってきた^{9)~11)}。

そこで、肥大型心筋症を対象として、心電図同期MRIを施行、本症における臨床の有用性について、心エコー図、心筋シンチグラフィなど他の画像診断法と対比することにより検討した。

2 方法

1 装置および撮像条件

用いた装置は、シーメンス社製Magnetom(超電導型1.5Tesla)である。心臓MRIは、Body Coilを使用、データ収集は256×256マトリックス、画像の表示は512×512マトリックスで行っ

た。スライス巾は5mmないし10mmである。画像作成はフーリエ変換法を用いた。

パルス系列はスピンエコー法を用い、エコー時間35/70msec、くりかえし時間は症例毎の心拍数に応じて600~1200msecとした。

得られる断層数は、心拍数60/分(R-R間隔1000msec)のとき5断層面、100/分(R-R間隔600msec)のとき3断層面を目安とした。また、アペレーシング回数は、4回とした。この結果、1回のスキャンに要する時間は15~20分であった。ルーチンには体軸、冠状断層を行い、症例により矢状断層を追加した。

MRI画像は、第1、第2エコー像(エコー時間35/70msec)のほか、 T_2 計算画像を作成した。画像の記録はマルチフォーマットカメラにて行った。

2 MRI 所見の評価

得られたMRI体軸断層像にて、midventricleレベルにおける拡張末期像から、心室中隔、左室後壁の壁厚を測定した^{12)~13)}。また、心エコー図で求めた、心室中隔、左室後壁の壁厚と比較した。MRI所見として、中隔肥大の拡がりの程度、部位に加え、左房拡大、左室拡大の有無について、心エコー図の成績と対比した。

また、組織性状に関しては、心筋における高信号領域の有無、 T_2 緩和時間を、前隔中隔、左室後壁に関心領域(約50pixel)を設定して算出した。

全症例にて、心筋シンチグラフィを施行、欠損像の有無を検討した。また、左室造影から左室駆出分画(LVEF)を算出した。

3 対象

心エコー図、心カテーテル法などにより肥大型心筋症の診断基準をみたます13例を選んだ。症例の内訳は、男性8例、女性5例であり平均年齢52

受 付 1985年11月1日
最終稿受付 1985年11月1日
別刷請求先 (〒565)吹田市藤白台5-7-1
国立循環器病センター放射線診療部
西村恒彦

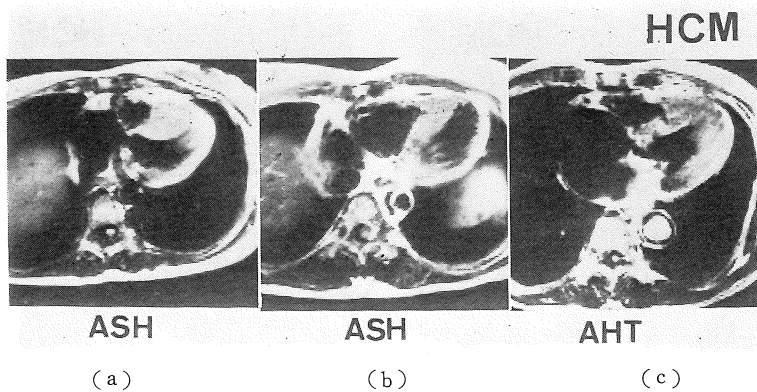


図 1 Representative cases of hypertrophic cardiomyopathy by MRI (transverse section).

- (a) asymmetric hypertrophy from base to apex
- (b) asymmetric hypertrophy from base to septum
- (c) apical hypertrophy

(a) (b) (c) SE 800/35

歳 (35 歳から 74 歳まで) であった。肥大型心筋症は、閉塞型 2 例、非対称性肥大型 6 例、心尖部肥大型 2 例および、拡大型¹⁴⁾ 3 例であった。対照として正常 6 例および高血圧性心疾患 5 例を選んだ。

4 結果

1 代表的な症例の呈示

肥大型心筋症における心筋肥大の代表例を図 1 に示す。非対称性肥大は、体軸断層で (a) 中隔肥厚型、(b) 中隔から心尖部あるいは一部前側壁に及ぶもの、(c) 心尖部肥大型に分類できた。MRI による心筋肥大の部位、拡がりは心エコー図のそれとよく一致した。

また、症例 3 における拡張末期、収縮末期像を図 2 に示す。心室中隔が肥厚、心内腔の収縮が良好であることがわかる。

非対称性肥大症例における体軸および冠状断層を図 3 に示す。体軸断層で、心室中隔が心内腔に凸状に肥大し、冠状断層では、心筋肥大のため、左室流出路が狭小化しているのが示される。

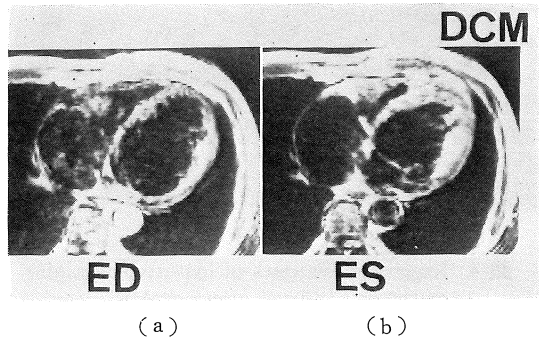


図 2 End-diastolic (ED) and End-systolic (ES) images of hypertrophic cardiomyopathy (transverse section). Asymmetric hypertrophy and good contraction of left ventricle were clearly observed by MRI.

(a) (b) SE 1000/35

つぎに、肥大型心筋症 (拡大型) の代表例を図 4 に示す。両症例ともに、前述した肥大型心筋症と異なり、心内腔は拡大している。さらに、(a) では中隔部位は、むしろ薄化を (b) では、なお肥大を有することが示される。

図 5 は、症例 13 における体軸および冠状断層で

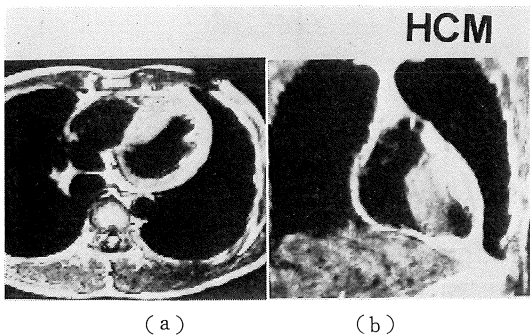


図 3 Representative case of hypertrophic cardiomyopathy (a) transverse section, (b) coronal section. Asymmetric hypertrophy and narrowing of left ventricular outflow tract were clearly observed by MRI.
(a) (b) SE 800/35

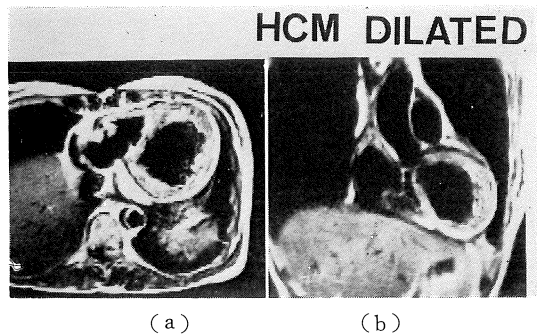


図 5 Representative cases of hypertrophic cardiomyopathy (dilated form). (a) transverse section, (b) coronal section. Septal thinning and left ventricular dilatation were clearly observed by MRI.
(a) (b) SE 1000/35

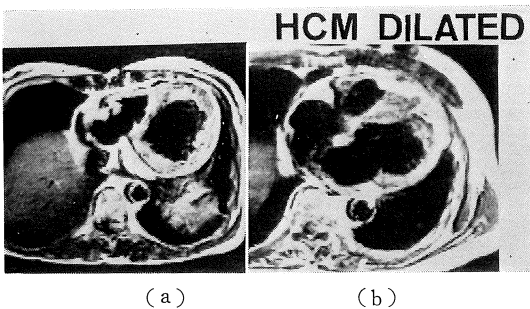


図 4 Representative cases of hypertrophic cardiomyopathy (dilated form) by MRI. In both cases, left ventricle was dilated.
(a) septal thinning was observed
(b) septal thickness was still preserved
(a) (b) SE 1000/35

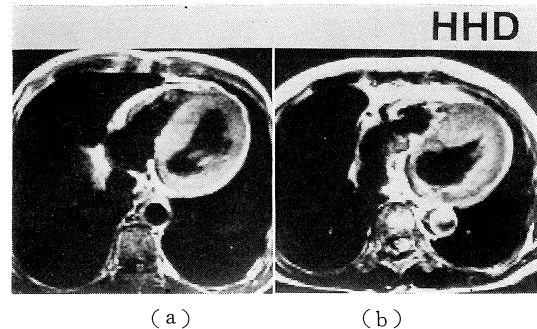


図 6 Representative cases of hypertensive heart disease by MRI.
(a) hypertensive heart disease with homogenous hypertrophy
(b) hypertensive heart disease with septal hypertrophy
(a) SE 800/35 (b) SE 1000/35

ある。心筋は全体に肥厚しているが中隔部位で薄化を有しているのが示される。

つぎに、高血圧性心疾患の代表例を図6に示す。前述した肥大型心筋症に比し、心筋は全体に均等肥大を示し、とくに心室中隔にて肥大を認めた。

2 MRI 所見と心エコー図の対比

MRI による所見（心室中隔、左室後壁の壁厚、左室拡大、左房拡大の有無）および、心筋肥大の

拡がり部位について、心エコー図によるこれらの所見と対比したものを表1に示す。

正常例における心室中隔、左室後壁の厚みはMRIでそれぞれ $10 \pm 1 \text{ mm}$, $10 \pm 2 \text{ mm}$ であった。通常の肥大型心筋症においてMRIによる心室中隔、左室後壁の壁厚の平均はそれぞれ、 $25 \pm 5 \text{ mm}$, $11 \pm 3 \text{ mm}$ であった。心エコー図から求めたそれは、 $23 \pm 4 \text{ mm}$, $12 \pm 3 \text{ mm}$ であり、MRIの成績

表 1 MRI findings in hypertrophic cardiomyopathy-comparison with those of echocardiography, thallium scan and left ventricular function.

| No. | Name | Age | sex | IVS/LVPW (mm) | Extent of Hypertrophy | Signal intensity ↑ | T ₂ (msec) | Thallium defect | LVEF (%) | Other MRI findings |
|---------------|------|-----|-----|---------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|-----------------|----------|--------------------|
| HOCM | | | | | | | | | | |
| 1 | K.G. | 64 | M | 28/16 | IVS (U-M) | - | 36/35 | - | 69% | - |
| 2 | M.H. | 54 | M | 22/16 | IVS (U-L) | - | 42/39 | - | 62% | LA ↑ |
| HCM (ASH) | | | | | | | | | | |
| 3 | T.S. | 48 | F | 22/11 | IVS (U-L) | - | 41/42 | - | 71% | LA ↑ |
| 4 | B.H. | 44 | M | 23/14 | IVS (U-L) | - | 38/32 | - | 59% | - |
| 5 | M.Y. | 74 | M | 16/10 | IVS (U-M) | - | - | - | 66% | - |
| 6 | A.Y. | 51 | F | 28/15 | IVS (U-L) | - | - | - | 57% | - |
| 7 | N.F. | 60 | F | 33/9 | 30/12 | IVS (U-M) | 38/35 | - | 57% | LA ↑ |
| 8 | O.K. | 35 | M | 28/10 | 20/12 | IVS (U-M) | 43/40 | - | 62% | - |
| HCM (APH) | | | | | | | | | | |
| 9 | I.H. | 55 | M | 17/16 (AP 38) | 15/15 | APH | - | - | 65% | - |
| 10 | N.H. | 67 | M | 22/22 (AP 28) | 20/20 | APH | 37/36 | - | 72% | - |
| HCM (Dilated) | | | | | | | | | | |
| 11 | Y.S. | 63 | M | 22/18 | 16/11 | IVS (U-M) | - | 30/29 | 42% | LV ↑ LA ↑ |
| 12 | Y.T. | 55 | F | 22/10 | 18/8 | IVS (U-M) | + | 35/30 | 49% | LV ↑ |
| 13 | S.K. | 56 | F | 13/12 | 11/11 | - | + | 36/32 | 38% | LV ↑ LA ↑ |
| HHD | | | | | | | | | | |
| 14 | S.M. | 80 | F | 17/10 | - | IVS (U-M) | - | 42/40 | 68% | - |
| 15 | T.H. | 55 | M | 18/16 | 14/13 | IVS/PW | - | 31/36 | 61% | - |
| 16 | Y.T. | 64 | M | 28/17 | 28/15 | IVS/PW | - | 38/37 | 87% | LA ↑ |
| 17 | Y.S. | 54 | M | 22/16 | 25/16 | IVS/PW | - | 27/23 | 72% | - |
| 18 | K.T. | 69 | M | 11/12 | 13/13 | - | - | 46/40 | 47% | LV ↑ |

IVS/LVPW = thickness of intraventricular septum/left ventricular posterior wall
 LVEF = left ventricular ejection fraction
 IVS (U-M) : from base to septum
 IVS (U-L) : from base to apex
 LA ↑, LV ↑ : Left atrium, left ventricle dilatation

によく一致した。MRI による心筋肥大部位は心室中隔に限局したもの 4 例，心尖部から基底部に及ぶもの 4 例，および心尖部肥大 2 例に分けられた。左房拡大は，MRI にて 3 例，心エコー図にて 3 例に認めた。また，拡大型を示す肥大型心筋症では，MRI，心エコー図とも左室拡大を示し，左房拡大は 2 例にみられた。高血圧性心疾患でも心筋壁厚の計測は MRI，心エコー図ともよく一致し，左房拡大を 1 例に，左室拡大も 1 例に認めた。

3 MRI による心筋性状の判定

症例 7 の肥大型心筋症症例における T_2 計算画像を図 7 に示す。肥厚部位，および正常部位ともに T_2 緩和時間は，著明な差異がないことがわかる。

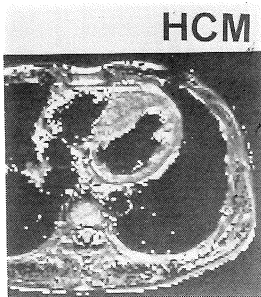


図 7 T_2 relaxation time image of hypertrophic cardiomyopathy. The T_2 relaxation time was not different between hypertrophied and normal myocardial wall.

通常肥大型心筋症において，肥大部位に一致して高信号領域を認める症例はなかった。一方，拡大型を示す肥大型心筋症では，図 5 に示したように，肥大部位に一致して，高信号領域を示す症例は，3 例中 2 例あった。しかし， T_2 緩和時間は正常部位に比し著明な延長はなかった。これらの症例では，タリウム心筋シンチグラフィで，中隔部位に一致して欠損像を認め，かつ，LVEF は，他の肥大型心筋症に比し，低下していた。

また，高血圧性心疾患で，肥大部位の高信号領

域， T_2 緩和時間の延長を認める症例はなかった。

5 考 案

心電図同期 MRI の開発により造影剤を使用せず，心内腔と心筋壁を区別できることから心疾患において形態診断としての有用性は確定してきた^{9~11)}。とくに，体軸断層に加え，冠状，矢状断層により，立体的に心大血管系の構築が把握でき，拡張末期，収縮末期像から心収縮状態も観察できる。また任意断層も可能になってきている。

したがって，心筋梗塞，先天性心疾患，大動脈解離など幾つかの臨床応用が報告されている^{15~18)}。また，肥大型心筋症における応用に関しては，Higgins ら¹⁹⁾，西川ら²⁰⁾の報告がある。前者では，心エコー図との対比を，後者では T_2 緩和時間を測定し，本症における有用性について検討している。著者らは，通常肥大型心筋症に加え，近年，話題となっている心拡大を示す肥大型心筋症¹⁴⁾ および高血圧性心疾患にも MRI を応用し，これらの形態診断および心筋性状の判定がどの程度行えるか，心エコー図のみならずタリウム心筋シンチグラフィの成績とも対比検討した。

肥大型心筋症に特徴的な心室中隔の肥厚の程度は，MRI で明瞭に認められた。MRI から求めた心室中隔，左室後壁の壁厚は，心エコー図から求めたそれとよく一致した。また，左房拡大の有無，左室拡大の有無も，心エコー図と同様に評価できた。

このように，心電図同期 MRI は，心エコー図と対比して，肥大型心筋症の形態診断として優るとも劣らないことが示された。心エコー図は，術者の技量に依存することや，時として明瞭な画像が得られない症例があるが，MRI では，いかなる症例でも行うことができ（ただし，ペースメーカー植込み患者などは除くが），しかも，体軸断層や冠状，矢状断層により，立体的に形態診断が行える利点がある。

しかし、リアルタイムで観察できる心エコー図は、肥大型心筋症で左室流出路狭窄の症例 (閉塞型) に認められる systolic anterior motion (SAM) や僧帽弁逆流の程度をとらえるには有用である。

ところで、拡大型を示す肥大型心筋症は、心筋肥大とともに変性が強く、時として、心室中隔のひ薄化が認められる¹⁴⁾。MRI では、症例 13 に示したように、心筋ひ薄化を示す部位も明瞭にとらえられ、タリウム心筋シンチグラフィにおける欠損像の出現部位とよく一致した。

また、高血圧心では、心筋全体の肥厚が特徴的であるが、時として症例 16, 17 のように非対称性肥大が合併する場合があります、MRI のみでは、肥大型心筋症と鑑別は困難であった。

以上の形態診断に加え、MRI では心筋の組織性状の判定が行える利点がある。心筋梗塞を作成した動物実験で、急性期梗塞部位は高信号領域として、しかも、これは T_2 緩和時間の延長によることが報告されている¹⁸⁾。また、Gd-DTPA により梗塞部位の enhancement が T_1 緩和時間の短縮により生じること示されている^{21~22)}。

肥大型心筋症に関して、肥大部位と正常部位の T_2 緩和時間は西川らの報告のように差異がないことが多い²⁰⁾。しかし、Farmer ら²³⁾ は、肥大型心筋症で、左室心筋の肥厚部位が高信号領域として描出される症例があることを報告している。著者らの今回の検討でも、とくに拡大型を示す肥大型心筋症において、病変部位に一致して、高信号領域を認める症例を経験した。これらの症例は、心筋逸脱酵素である CPK や LDH の持続的な上昇を認めており¹⁴⁾、何らかの心筋細胞障害や ongoing intermittent myocardial necrosis²⁴⁾ の可能性が示唆され、MRI では、この心筋組織性状を反映して、高信号領域として描出されるのかもしれない。これらの症例では、タリウム心筋シンチグラフィで欠損像を示しており、今後、心臓核医学検査との対比を中心として心筋性状を検討していく予定である。また、Gd-DTPA など MRI 造

影剤の使用も期待される領域である。

さらに、著者らの施設で使用している高磁場 NMR 装置において心大血管系の ^{31}P *in vivo* スペクトロスコピーや化学シフトイメージングが可能になれば形態、機能診断に加え、生化学的情報にもとづく本症の病態診断が行えるであろう。

6 結 論

1. 肥大型心筋症 10 例、心拡大を示す肥大型心筋症 3 例、および高血圧性心疾患 5 例に MRI を施行、心筋肥厚の形態診断および心筋性状の評価について検討した。
2. 形態診断として、心室中隔、左室後壁の壁厚は、心エコー図からの計測とよく一致した。また、左房拡大、左室拡大の有無についてもよく一致した。さらに、拡大型を示す肥大型心筋症にて、肥厚部位にて高信号領域を認める症例があり心筋性状の判定が行える可能性を示した。しかし、高血圧性心疾患における心筋肥大との鑑別は MRI のみからでは困難であった。
3. MRI は、心筋肥厚部位の部位、拡がりの評価が立体的に行え、本症の診断に有用なことが示された。

文 献

- 1) 厚生省特定疾患特発性心筋症調査研究班 (班長、河合忠一)、特発性心筋症診断の手引 昭和 54 年 7 月 21 日。
- 2) Maron, B. J. and Epstein, S. E.: Hypertrophic Cardiomyopathy, *Am. J. Cardiol* 45: 141-155, 1980.
- 3) Wigle, E. D. and Silver, M. D.: Myocardial fiber disarray and ventricular septal hypertrophy in asymmetrical hypertrophy of the heart. *Circulation* 58: 398-402, 1978.
- 4) Newman, H., Sugrue, D., Oakley, C. M., et

- al.: Relation of left ventricular function and prognosis in hypertrophic cardiomyopathy; An angiographic study. *J. Am. Coll. Cardiol.*, **5**: 1064-1074, 1985.
- 5) Maron, B. J., Gohdiener, T. S., Epstein, S. E.: Patterns and significance of the 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.
- 6) Henry, W. L., Clark, C. E., Roberts, W. C., et al.: Differences in distribution of myocardial abnormalities in patients with obstructive and nonobstructive asymmetric septal hypertrophy: echocardiographic and gross anatomic findings. *Circulation*, **50**: 447-455, 1974.
- 7) 大嶺広海, 西村恒彦, 林田孝平他.: 肥大型心筋症における ^{201}Tl 心筋シンチグラフィの定量的評価と心拍同期イメージングによる拡張期指標の診断の有用性. 核医学, **21**: 815-821, 1984.
- 8) 西村恒彦, 永田正毅.: 肥大型心筋症における心筋肥大, 変性の評価 核医学, **21**: 1036, 1984.
- 9) Kaufman, L., Crooks, S. P., et al.: The potential impact of nuclear magnetic resonance imaging on cardiovascular disease. *Circulation*, **67**: 251-257, 1983.
- 10) Herfkens, R. J., Higgins, C. B., Hricak, H., et al.: Nuclear magnetic imaging of the cardiovascular system; Normal and pathologic findings. *Radiology*, **147**: 749-759, 1983.
- 11) 西村恒彦, 内藤博昭, 山田幸典他.: 心電図同期MRIによる心疾患の診断—0.35 T および 1.5 T における臨床応用—核医学, **22**: 1641-1652, 1985.
- 12) Friedman, B. J., Waters, J., Kwan, O. L., et al.: Comparison of magnetic resonance imaging and echocardiography in determination of cardiac dimension in normal subjects. *J. Am. Coll. Cardiol.*, **5**: 1369-1376, 1985.
- 13) Byrd, B. F., Schiller, N. B., Botvinick, E. H., et al.: Normal cardiac dimensions by magnetic resonance imaging. *Am. J. Cardiol.*, **55**: 1440-1442, 1985.
- 14) Nagata, S., Nishimura, T., Sakakibara, H., et al.: Thallium perfusion and cardiac enzyme abnormalities in patients with familial hypertrophic cardiomyopathy. *Am. Heart. J.*, **109**: 1317-1322, 1985.
- 15) Higgins, C. B., Byrd, B. F., Farmer, M. D., et al.: Magnetic resonance imaging in patients with congenital heart disease. *Circulation*, **70**: 851-860, 1984.
- 16) Amparo, E. G., Higgins, C. B., Hricak, H., et al.: Aortic dissection: Magnetic resonance imaging. *Radiology*, **155**: 399-406, 1985.
- 17) Higgins, C. B., Lanzer, P., Stork, D., et al.: Imaging by nuclear magnetic resonance in patients with chronic ischemic heart disease. *Circulation*, **69**: 523-531, 1984.
- 18) Wesbey, G., Higgins, C. B., Lanzer, P., et al.: Imaging and characterization of acute myocardial infarction *in vivo* by gated nuclear magnetic resonance. *Circulation*, **69**: 125-130, 1984.
- 19) Higgins, C. B., Byrd, B. F., Stark, D., et al.: Magnetic resonance imaging in hypertrophic cardiomyopathy. *Am. J. Cardiol.*, **55**: 1121-1126, 1985.
- 20) 西川潤一, 飯尾正宏: NMR-心電図同期法 核医学, **21**: 1037, 1984.
- 21) Wesbey, G. E., Higgins, C. B., McNamara, M. T., et al.: Effects of Gd-DTPA on the magnetic relaxation times of normal and infarcted myocardium. *Radiology*, **153**: 165-169, 1984.
- 22) 西村恒彦, 中谷武嗣, 山田幸典他.: 急性心筋梗塞(成犬)におけるGd-DTPAによる梗塞, 虚血部位の同定. 第5回NMR医学研究会抄録集 p. 90, 1985 (東京).
- 23) Farmer, D., Higgins, C. B., Yee, E., et al.: Tissue characterization by magnetic resonance imaging in hypertrophic cardiomyopathy. *Am. J. Cardiol.*, **55**: 230-232, 1985.
- 24) Croft, C. H., Rude, R. E., Lewis, S. E., et al.: Comparison of left ventricular function and infarct size in patients with and without positive $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -pyrophosphate myocardial scintigraphy after myocardial infarction. *Am. J. Cardiol.*, **53**: 421-428, 1984.