

## Gd-DTPA による小肝腫瘍の Dynamic MRI

吉田 英夫 (東京大学医学部放射線医学教室)

八代 直文 (東京大学医学部放射線医学教室)

真野 勇 (東芝中央病院放射線科)

飯尾 正宏 (東京大学医学部放射線医学教室)

板井 悠二 (東京大学医学部附属病院中央放射線部)

### キーワード

Dynamic MRI, Gd-DTPA, Hepatic tumors.

### I 緒 言

近年, MRI の技術的進歩には目覚ましいものがあり, その臨床応用が広く評価されつつある。腹部臓器に関しても MRI の診断的価値が認められようとしており, 特に肝に対しては  $T_2$  強調像を中心とした MRI 診断が種々検討されている<sup>1)~7)</sup>。しかし腹部臓器に対しては呼吸性移動によって画像が劣化するため, X 線 CT と同程度の画質を得るためには呼吸停止下で短時間内に % 比の高い画像を得る必要がある。そのため我々はすでに呼吸停止が可能な範囲に TR (repetition time) を短縮し, 十分に % 比の高い画像を得て<sup>8)</sup>, 肝の腫瘍性病変の診断を行ってきた<sup>9)~11)</sup>。特に Gd-DTPA を用いて造影した場合, 矢状断または冠状断撮影によって呼吸停止位置のずれによる misregistration を少なくして腫瘍の動態情報を得ることができることを報告した<sup>11)</sup>。

今回はこれらの撮像法と Gd-DTPA が小さい肝腫瘍性病変 (ここでは直径 3 cm 以下) の鑑別診断にどの程度有効であるかを検討したので報告する。

### II 対象および方法

対象は昭和 60 年 12 月 24 日から昭和 62 年 2 月 2 日の間に東芝中央病院にて MRI 検査を受けたもので, 年齢 39 歳~79 歳までの男 15 例, 女 17 例の計 36 症例である。内訳は肝細胞癌 13 例, 肝血管腫 15 例, 転移性肝癌 6 例および肝のう胞 2 例である。いずれも腫瘍は直径 3 cm 以下で, MRI 検査を受ける前後に超音波 (肝血管腫 4 例, 肝のう胞 2 例), X 線 CT (肝血管腫 11 例, 転移性肝癌 3 例) および血管造影検査 (肝細胞癌 13 例, 転移性肝癌 3 例) で診断されたものである。

使用装置は東芝製超電導 MRI 装置 (静磁場強度は 0.5 T および 1.5 T) である。画像面構成は 256×256 マトリックス (表示は 512×512 マトリックス) である。スライス厚は 10 mm で, 撮影は 1 スキャンに対して 1 スライスのみである。Pulse sequence は TR 120~200 msec, TE (echo time) 20~40 msec で 1 回励起のみである。1 スキャン時間は 31~51 秒と比較的長いので, 患者にはあらかじめ酸素チューブを装着し, 楽に呼吸停止できる様配慮した。Gd-DTPA は

一検査当たり約 0.05 mmol/kg 使用した。撮影は造影前で他の画像診断と併せて関心領域を設定し、主に冠状断または矢状断面で行った。腫瘍の位置が決まれば Gd-DTPA を経静脈性にボラス注入し、注入直後から 1～2 分間隔で約 10 分間 (必要あらば約 20 分後まで) 連続的に撮影した。

### III 結 果

表 1 は各腫瘍の正常実質との相対信号強度を Gd-DTPA 造影前後で比較したものである。肝細胞癌 13 例中、造影前では低信号域を示すもの

6 例、等信号域 5 例、等～高信号域 2 例であった。造影後は低信号域 7 例、等信号域 3 例、高信号域 3 例であり、造影前で等信号域を呈した 2 例が造影後に低および高信号域に変化した。造影後の変化はいずれも Gd-DTPA 静注 5 分後までの変化である。肝血管腫は造影前では 15 例中低信号域 10 例、等信号域 5 例であった。造影後ではいずれも高信号を呈し、造影 5 分以降のスキャンでは 15 例中 14 例で特に著明な高信号域を示した。表 2 に肝血管腫 11 症例 15 病変の超音波、X 線 CT (dynamic CT を含む) と比較した結果を示す。転移性肝癌 6 例では造影前で 5 例が比較的強い低信号域を示し、造影後では

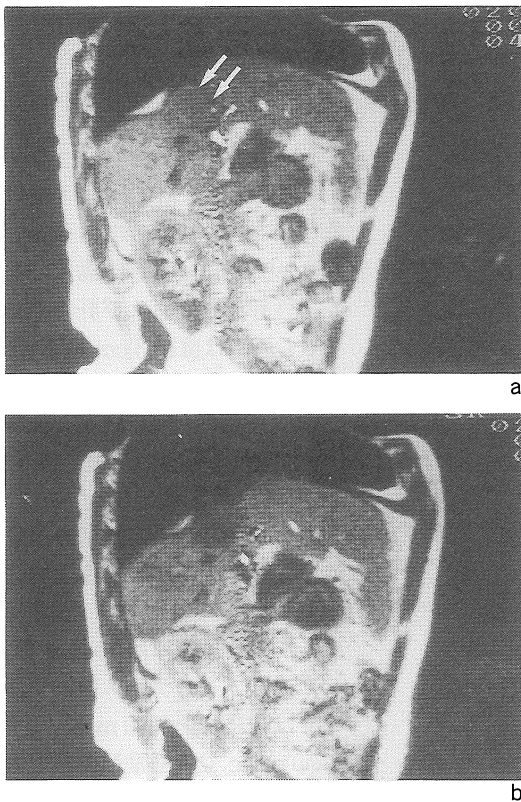


Fig. 1. Hepatocellular carcinoma in a 58-year-old male.

0.5 T, SE (200/40), Oblique images.

(a): before Gd-DTPA injection

(b): just after injection

(c): 3 minutes after injection

(a): A 2.5 cm low signal mass in the medial segment is visualized (arrows).

(b): The mass changes into lower signal area.

(c): The enhanced capsule surrounding the mass is evidenced (arrowheads).

いずれも腫瘍は周囲が等～淡い高信号域を呈し、中心部が淡い低信号域と変化した。肝のう胞は2例とも造影前後で均一な強い低信号域を示した。

#### IV 症 例

代表的症例肝細胞癌1例および肝血管腫2例とMR上特異的なパターンを示した肝細胞癌1例を呈示する。

症例1. 58歳, 男性, 肝細胞癌 (図1)

症例は慢性肝障害で経過観察中, USにて内側区に直径2.5cmのhypoechoic massが発見される。X線CTでは造影前後で低濃度として描出。MRIでは(図1(a))に示す様に造影前で淡い低信号域として描出され(矢印), (b)の造影直後の撮影では周囲の正常肝実質との信号差が最も明瞭である。(c)の造影3分後には周囲に被膜と思われる高信号域が見られ, 腫瘍の内部構造もモザイク状を呈しているのが認められた。

症例2. 67歳, 男性, 肝細胞癌 (図2)

症例は同様に慢性肝障害で経過観察中, X線CTにて外側区に造影前で等濃度で(図2(a)), 造影30秒後に図2(b)の様に直径2.5cmの高濃度病変として描出され, 造影1分後には再び等濃度域を示した。MRIでは造影前にその腫瘍は淡い高信号域を示し(図2(c), 矢印), 周囲に低信号域を呈する被膜が見られる。また腫瘍の内部はやや不均一な構造を示している。更に発泡剤により胃内をgasで充満させているため, 腫瘍が肝内から突出しているのがよく分かる。造影後の(d), (e)では, delayed enhancementを示し, X線CTとは異なった造影パターンを示した。同症例は手術され, 術後病理では被膜を伴うモザイク状の腫瘍で, 内部に出血性壊死を伴う肝細胞癌であることが確認されている。

症例3. 44歳, 男性, 海綿状肝血管腫 (図3)

症例は代表的な肝血管腫の例であり, US, X線CTおよび経過観察にて同診断とされた。MRIでは(a)の造影前で内側区に直径1.5cmの辺縁が不均一な低信号域として描出され, (b)–(d)の造影後では徐々に造影剤のpoolingが広がるspreading phenomenonを示している。

症例4. 45歳, 女性, 海綿状肝血管腫 (図4)

腫瘍はUSにて外側区に直径2.5cmの均一なhyperechoic massとして描出されている。X線CTでの急速静注後のdelayed scanでは等～淡い高濃度域を呈した。MRIでは(a)–(c)に示す様に, 造影直後から周囲より濃染し, (c)の造影に今後初めて全体が濃染する極めてゆっくりとしたperipheral opacificationを示した。

#### V 考 察

肝腫瘍のMRI診断についてはこれまで種々報告されている。いずれも $T_2$ 強調像等の比較的長時間撮影モードが主となっているため, 呼吸性移動によって画質が劣化することが避けられない。そのためX線CTのレベルまで空間分解能を上げるためには, 呼吸停止下で短時間内に画像を得て, かつ十分な $\%$ 比を保つ必要がある。我々はこれまでこのような短時間撮像MRIについて検討してきており, 画像も $\%$ 比の高い鮮明なものを得ている。しかしながら, この様なshort SEモードでは組織間コントラストが低下するのが避けられない。そのため我々の呼吸停止下の $T_1$ 強調像は腫瘍の存在診断には明らかに不適當である。一方, short SEモードで撮影された $T_1$ 強調像は, Gd-DTPA造影剤を用いることにより病変部位の造影効果を経時的に追跡できる長所がある。そこで我々はこれまでにGd-DTPAの肝腫瘍に対する造影効果を検討してきた<sup>11)</sup>。ここでは従来の画像診断法では必ずしも容易では

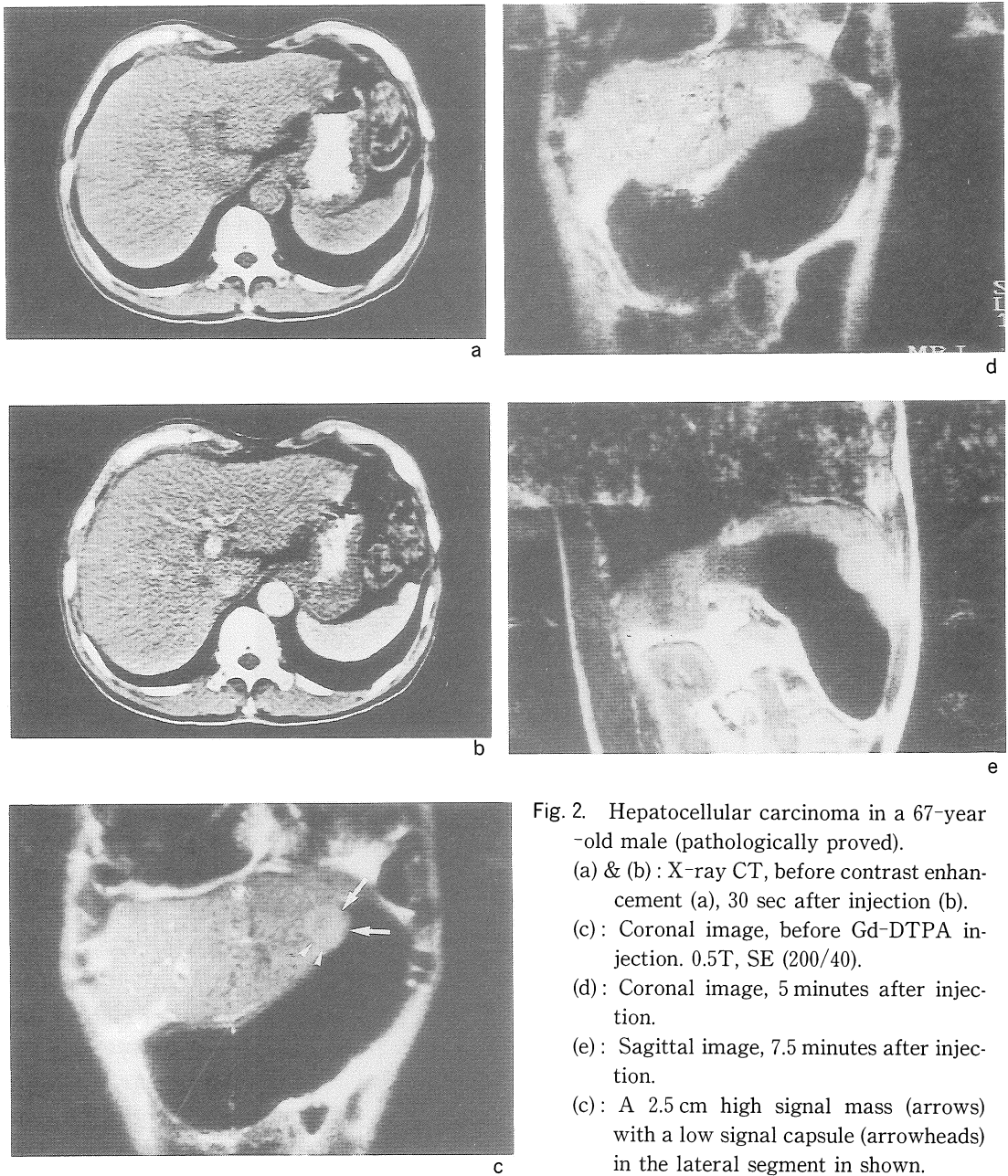


Fig. 2. Hepatocellular carcinoma in a 67-year-old male (pathologically proved).  
(a) & (b): X-ray CT, before contrast enhancement (a), 30 sec after injection (b).  
(c): Coronal image, before Gd-DTPA injection. 0.5T, SE (200/40).  
(d): Coronal image, 5 minutes after injection.  
(e): Sagittal image, 7.5 minutes after injection.  
(c): A 2.5 cm high signal mass (arrows) with a low signal capsule (arrowheads) in the lateral segment is shown.  
(d) & (e): The mass shows prolonged enhancement.

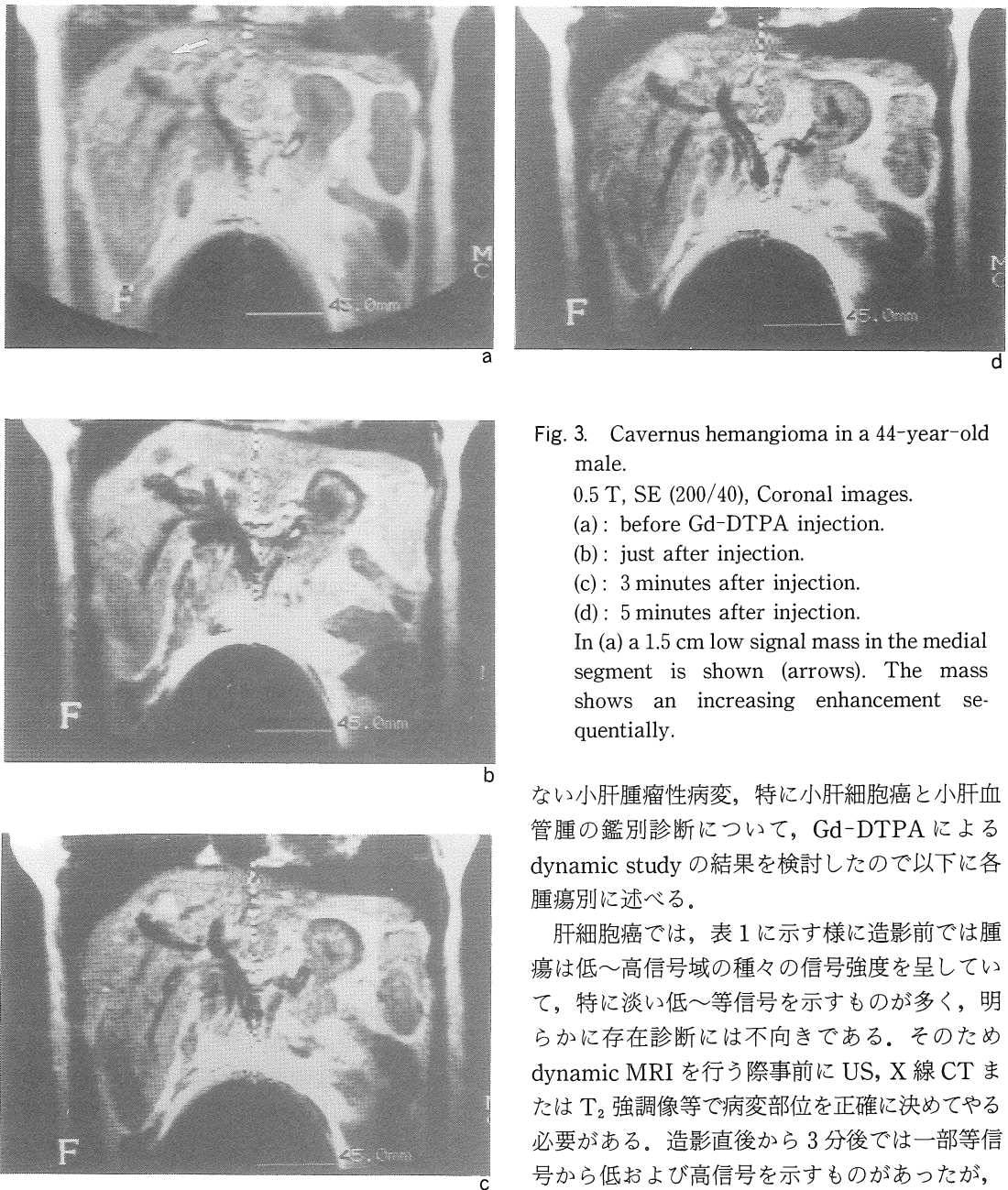


Fig. 3. Cavernous hemangioma in a 44-year-old male.

0.5 T, SE (200/40), Coronal images.

(a): before Gd-DTPA injection.

(b): just after injection.

(c): 3 minutes after injection.

(d): 5 minutes after injection.

In (a) a 1.5 cm low signal mass in the medial segment is shown (arrows). The mass shows an increasing enhancement sequentially.

ない小肝腫瘍性病変，特に小肝細胞癌と小肝血管腫の鑑別診断について，Gd-DTPA による dynamic study の結果を検討したので以下に各腫瘍別に述べる。

肝細胞癌では，表 1 に示す様に造影前では腫瘍は低～高信号域の種々の信号強度を呈していて，特に淡い低～等信号を示すものが多く，明らかに存在診断には不向きである。そのため dynamic MRI を行う際事前に US, X 線 CT または T<sub>2</sub> 強調像等で病変部位を正確に決めてやる必要がある。造影直後から 3 分後では一部等信号から低および高信号を示すものがあったが，大部分は信号強度の差が造影前後で増大していた。一般に肝細胞癌は X 線 CT での dynamic study では早期相で濃染されるものが多いが，我々

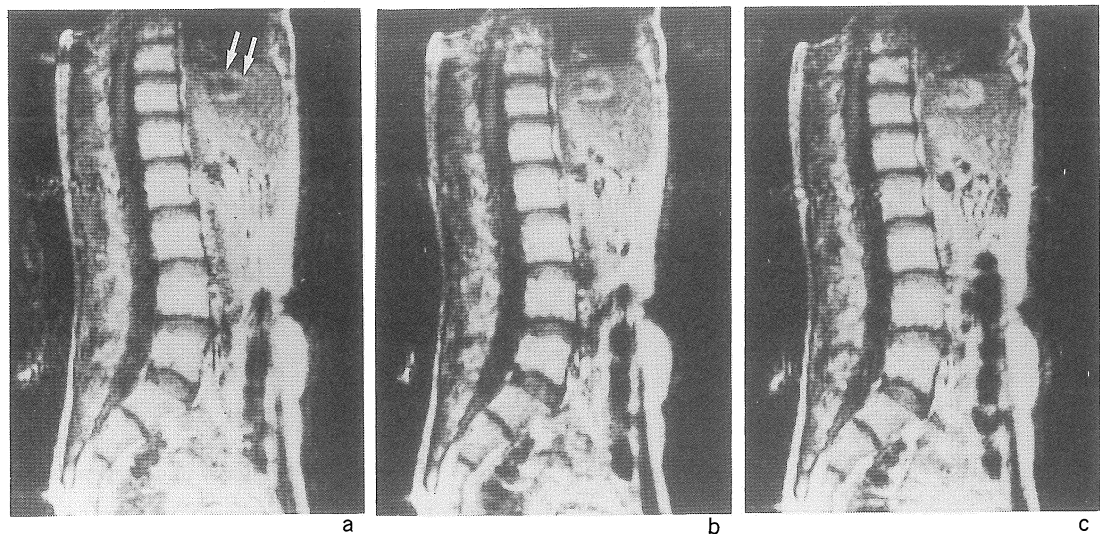


Fig. 4. Cavernous hemangioma in a 45-year-old female. 0.5 T. SE (200/40), Sagittal images. (a): just after injection. (b): 5 minutes after injection.

(c): 12 minutes after injection. A 2.5 cm low signal mass in the lateral segment shows very slow enhancement from the margin into the center of the mass (arrows).

Table 1. The signal intensities of various hepatic lesions in pre- and post contrast en-

hancement compared to the surrounding hepatic parenchyma.

Intensity	Pre-contrast			Post-contrast		
	Low	Iso	High	Low	Iso	High
Hepatoma (n = 13)	6/13	5/13	2/13	7/13	3/13	3/13
Hemangioma (n = 15)	10/15	5/15	0	0	0	15/15
Metastasis (n = 6)	5/6	1/6	0	5/6	0	1/6
Cyst (n = 2)	2/2	0	0	2/2	0	0

の撮影モードでこの早期相が画像に捉えられなかったのはスキャン時間が長いためである。近い将来は 10 秒以内のスキャン時間が期待できるので、この早期相も画像化できると思われる。図 2 の様に出血を伴う病変に対しては、ヘモグロビン中の鉄イオンが磁性体のため、その濃度に反比例し緩和時間が短縮する<sup>12)</sup>。そのため、鉄濃度にもよるが一般には出血を伴う場合は T<sub>1</sub> 強調像では高信号域を呈すると思われる。さらに、

この症例が delayed scan で高信号を呈したのは、少量の造影剤の腫瘍内部へのしみ出しによると思われるが、現時点では不明であり今後の検討を要する。以上のように、肝細胞癌では造影前後で種々の信号パターンを示し、造影コントラストのみでは診断がつけ難い場合もあるが、被膜の存在<sup>13)</sup>、腫瘍の内部構造の評価には有効と思われた。

肝血管腫は、表 1 に示す様に造影前ではい

Table . 2. Contrast effects of small cavernous hemangioma compared with X-CT.

Case	Age/Sex	Lesions	Size ( $\phi$ cm)	US	X-CT			MRI		
					plain	bolus	post contrast	plain	bolus	post contrast
1	54 F	2	1.4 1.3	H H	L L	MO -	L L	L L	MA MA	MA MA
2	53 F	2	1.8 <1	H H	L L	- -	- -	L L	MA MA	MA MA
3	57 F	1	1.8	H	L	SL	L	L	MA	MA
4	44 F	1	1.5	H	L	MO	SL	IS	MA	MA
5	46 F	3	3.0	H	L	SL	MI	L	MO	MA
6	45 F	3	2.0 1.0 <1	H H H	L L L	SL - -	L L L	L IS IS	MA MA MA	MA MA MA
7	45 F	1	2.5	H	L	SL	MI	L	MO	MA
8	60 F	1	2.0	H	L	-	L	L	MO	MA
9	45 F	1	3.0	H	L	SL	MI	L	MA	MA
10	73 F	1	1.0	H	L	-	L	IS	MO	MO
11	38 F	1	1.5	H	L	MO	SL	L	MA	MA

H : hyperechoic  
- : not examined

L : low dense  
IS : iso dense  
SL : slight high dense

MI : mild high dense  
MO : moderate high dense  
MA : marked high dense

れも低～等信号域を呈しており、肝細胞癌と同様 plain MRI の描出能は悪い。しかし、造影後の経時変化では、中等度～著明な高信号域を呈し、特に造影 5 分以降で顕著な pooling 像を示すのが多く、他の腫瘍との鑑別が一般に容易と思われた。また、表 2 の X 線 CT との比較結果を見れば、明らかに X 線 CT より診断能は高いと思われる。さらに肝血管腫は、MRI では通常 T<sub>2</sub> 強調像のみでも診断されているが<sup>2)</sup>、一般の T<sub>2</sub> 強調像は大部分呼気時の信号を反映していても、あくまでも平均された画像であり、小病変になると診断つけにくい場合があり得る。本法では直径 1 cm 前後の肝血管腫でも十分に描出することができた。この様な小病変は、X 線 CT での dynamic study でも呼吸停止位置のずれのためしばしば中心部に当たらず描出できないことが

ある。我々の選択した冠状断または矢状断撮影ではこのような欠点を少なくすることができ、腫瘍の動態情報をより確実に得ることができた。特に、他の検査法で検出しにくい横隔膜直下の小病変の検出能は優れていた。

転移性肝癌では 6 例中 5 例が造影前で低信号域であって、大部分が比較的明瞭な低信号域を示した。そのため plain MRI のみでも腫瘍と正常肝実質との信号差により、原発性と転移性肝癌との鑑別がある程度つけられる可能性があると思われた。造影後には、大部分が X 線 CT での dynamic study で見られる様な辺縁部の輪状の染まりが見られた。今回、転移性肝癌は症例数が少ないため、今後症例数を増やし原発別に検討したいと考えている。

肝のう胞は、造影前後で均一な強い低信号域

として描出され、plain MRI のみでも直径 1 cm 程度のもので十分診断できると思われた。

MR 造影剤としての Gd-DTPA は、X 線系でのヨード造影剤と同様の代謝過程を経ると考えられているが<sup>14)15)16)</sup>、少量で造影感度が高いため、症例 2 や肝血管腫の様に、静注後の遅い相でヨード造影剤とはかなり様相が違って描出されると思われた。また、我々はすべて一検査当り 0.05 mmol/kg の量の Gd-DTPA を用いたが、今後最適造影剤量を検討する必要がある。

現在、高速撮影法には FLASH (Fast Low Angle Shot) 法や、FISP (Fast Imaging with Steady state free Precession) 法等が出現しており、1 スキャン時間が 10 秒前後まで短縮している<sup>17)18)19)</sup>。これらの方法に Gd-DTPA を用いれば静注後数十秒以内の動態を得ることができるので、今後に期待される所と思われる<sup>20)</sup>。

## VI 結 語

直径 3 cm 以下の小肝腫瘍性病変 36 症例について、呼吸停止下に Gd-DTPA 造影剤を用いた dynamic MRI を施行してその有効性について検討した。結果をまとめると以下の通りである。

- 1) 小肝細胞癌は造影前後で種々の信号強度を示したが、小肝血管腫が特異的な pooling 像を示したため、本法は両者の鑑別に有効と思われた。
- 2) 矢状断または冠状断撮影により、直径 1 cm 前後の腫瘍でも呼吸停止位置のずれによる mis-registration の少ない動態検索を行うことができた。

(本論文の要旨は第 9 回日本磁気共鳴医学会大会および第 47 回日本医学放射線学会総会にて報告した。本研究に際し、Gd-DTPA 造影剤を供給して下さいた日本シェーリング社に厚く感謝致します。)

## 文 献

- 1) Moss AA, Goldberg HI, Stark DB, et al.: Hepatic tumors; magnetic resonance and CT appearance. *Radiology* 150: 141-147, 1984.
- 2) Ohtomo K, Itai Y, Furui S, et al.: Hepatic tumors: differentiation by transverse relaxation time (T2) of magnetic resonance imaging. *Radiology* 155: 421-423, 1985.
- 3) Heiken JP, Lee JKT, Glazer HS, Ling D: Hepatic metastases studied with MR and CT. *Radiology* 156: 423-427, 1985.
- 4) Vermess M, Leung AWL, Bydder GM, et al.: MR imaging of the liver in primary hepatocellular carcinoma. *J Comp Assist Tomogr* 9: 749-754, 1985.
- 5) Stark DD, Felder RC, Wittenberg J, et al.: Magnetic resonance imaging of cavernous hemangioma of the liver: Tissue-specific characterization. *AJR* 145: 213-222, 1985.
- 6) Itai Y, Ohtomo K, Furui S, et al.: Non invasive diagnosis of small cavernous hemangioma of the liver; Advantage of MRI. *AJR* 145: 1195-1199, 1985.
- 7) Ebara M, Ohto M, Watanabe Y, et al.: Diagnosis of small hepatocellular carcinoma; Correlation of MR imaging and histologic studies. *Radiology* 159: 371-377, 1986.
- 8) 吉田英夫, 真野勇, 五島仁士, 他: 短時間撮像法による腹部臓器の MRI. *映像情報* 18: 265-269, 1986.
- 9) 吉田英夫, 真野勇, 五島仁士, 他: 短時間撮像法による肝腫瘍の MRI 診断. *臨床放射線* 32: 391-396, 1987.
- 10) 真野勇, 吉田英夫, 八代直文, 他: 肝腫瘍性病変の MRI 診断—呼吸停止下撮影法と Gd-DTPA の併用による—. *Journal of Medical Imagings* 7: 171-177, 1987.
- 11) Mano I, Yoshida H, Nakabayashi K, et al.: Fast spin echo imaging with suspended respiration: Gadolinium enhanced MR imaging of liver tumors. *Journal of Computer Assisted Tomography* 11(1): 73-80, 1987.
- 12) 吉田英夫, 真野勇, 浅井佐江, 他: Iron Storage Disease の MRI. *臨床放射線* 30: 1099-1102,



- 1985.
- 13) Ohtomo K, Itai Y, Yoshikawa K, et al. : Hepatic tumors ; Dynamic MR imaging. *Radiology* 163 : 27-31, 1987.
  - 14) Weinmann HJ, Brasch RC, Press WR, et al. : Characteristics of Gadolinium-DTPA complex ; A potential NMR contrast agent. *AJR* 142 : 619-624, 1984
  - 15) Gadian DG, Payne JA, Bryant DJ, et al. : Gadolinium-DTPA as a contrast agent in MR imaging-Theoretical projections and practical observations. *J Comp Assis Tomogr* 9 : 242-251, 1985.
  - 16) Runge VM, Schoerner W, Niendorf HP, et al. : Initial clinical evaluation of Gadolinium-DTPA for contrastenhanced magnetic resonance imaging. *J Magnetic Resonance* 3 : 27-35, 1985.
  - 17) Haase A, Frahm Q, Matthaei D, et al. : FLASH imaging. Rapid NMR imaging using low flip angles. *J Magnetic Resonance* 67, 258-266, 1986.
  - 18) Oppelt A, Grauman R, Barfuss H, et al. : FISP -a new fast MRI sequence. *Electromedica* 54, 15, 1986.
  - 19) Frahm G, Hasse A, Matthaei D, et al. : Rapid NMR imaging of dynamic processes using the FLASH technique. *Magnetic Resonance in Medicine* 3, 321-327, 1986.
  - 20) Yoshida H, Itai Y, Ohtomo K, et al. : Small hepatocellular carcinoma and cavernous hemangioma : Differentiation with dynamic FLASH MR imaging with Gd - DTPA. *Radiology* 171, 339-342, 1989.

## Dynamic MRI of Small Hepatic Tumors Using Gd-DTPA

---

Hideo Yoshida

(Department of Radiology, Faculty of Medicine,  
University of Tokyo)

Isamu Mano

(Department of radiology, Toshiba Central Hos-  
pital)

Naobumi Yashiro

(Department of Madiology, Faculty of Medicine,  
University of Tokyo)

Yuji Itai

(Department of Madiology, Faculty of Medicine,  
University of Tokyo)

Masahiro Iio

(Department of Radiology, Faculty of Medicine,  
University of Tokyo)

---

We performed MR dynamic studies of 36 small (3 cm or less in diameter) hepatic tumors (13 hepatomas, 15 hemangiomas, 6 liver metastases, and 2 liver cysts) using Gd-DTPA (0.05 mmol/kg) under suspended respiration.

MR equipments are 1.5 and 0.5 Tesla superconducting imagers : pulse sequences are TR=120 TE=20 or TR=200 TE=40 msec. Scanning times are 31 and 51 sec respectively. We scanned each lesion every two minutes using sagittal or coronal mode immediately after injection of Gd-DTPA as late as 12 minutes.

Results are as follows : 14/15 hemangiomas showed marked high signal, 1/15 showed moderate high signal after 7 minutes of injection. Whereas hepatomas showed various enhancement patterns (low signal in 7, isosignal in 3, and slightly or moderately high signal in 3). Metastases showed low signal with peripheral opacification in five and slightly high signal in one. Both cysts showed homogenous marked low signals before and after injection.

Our methods were useful to differentiate small hepatic masses compared with dynamic X-ray CT because of the following reasons : <1> Gd-DTPA shows prolonged enhancement with smaller dose compared with iodine contrast. <2> Sagittal and coronal modes of MRI are less vulnerable to respiratory motion artifact.