



Title	3cm以下の乳癌の造影MRI
Author(s)	池田, 幸央; 檜林, 勇; 吉田, 祥二 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1991, 51(11), p. 1314-1323
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/15082
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

3cm 以下の乳癌の造影 MRI

兵庫県立成人病センター放射線科
大阪医科大学放射線医学教室*

池田 幸央	榎林 勇*	吉田 祥二	元原 智文
小泉 正	小河 幹治	三枝智恵子	上田 英二
廣田佐栄子	押谷 高志	末松 徹	大林加代子
石田 輝子	高田 佳木	木村 修治	

(平成 2 年 11 月 9 日受付)

(平成 3 年 2 月 14 日最終原稿受付)

Enhanced MRI of Breast Cancer Smaller than 3 cm

Yukio Ikeda, Isamu Narabayashi*, Shouji Yoshida, Tomofumi Motohara, Tadashi Koizumi,
Kanji Ogawa, Chieko Mieda, Eiji Ueda, Saeko Hirota,
Takashi Oshitani, Toru Suematsu, Kayoko Oobayashi,
Teruko Ishida, Yoshiki Takada and Shuji Kimura
Department of Radiology, Hyogo Medical Center for Adults
*Department of Radiology, Osaka Medical College

Research Code No. : 521

Key Words : *Field echo MR imaging, Gd-DTPA,
Contrast study, Breast cancer,
Dynamic MR imaging*

Twenty-two patients with breast cancers were studied using magnetic resonance (MR) imaging with a cylindrical surface coil at 1.5 Tesla. All were examined with the FE sequence and Gd-DTPA as a contrast medium these images were compared with micrographs of the specimens. All cancers were enhanced clearly, and demarcated margins or spiculations of the tumors were seen as clearly on MR images as on micrographs of the specimens.

In 12 patients (9 carcinomas, 2 fibroadenomas and 1 benign phyllodes tumor), dynamic studies were performed after the intravenous injection of Gd-DTPA. All nine carcinomas showed enhancement characterized by a sudden increase in signal intensity on the order of 100% or more with the first 2 minutes after injection. Two fibroadenomas were enhanced slowly.

Thirteen patients with breast cancers were examined with several sequences (FE, T₁-weighted SE, T₂-weighted SE and STIR) with or without Gd-DTPA. The most clearly delineated images of the tumors were those of FE images with Gd-DTPA enhancement.

A phantom consisted of various concentrations of Gd-DTPA in 20% albumin solution was measured by signal intensities with T₁-weighted SE sequence and FE sequence. The ratio of enhancement of the 20% albumin solution relative to the Gd-DTPA concentration was higher with the FE sequence than with the SE sequence. The sensitivity of the FE sequence to Gd-DTPA enhancement was 1.5 times that of the SE sequence under the usual concentration of Gd-DTPA.

I. はじめに

乳腺疾患に対するMRIの臨床応用は1982年頃より数多く試みられてきた^{1)~17)}。その大部分はSpin Echo法(以下SE法)で行われており、他のmodalityと比較して、必ずしも十分な診断情報は得られていない。これは空間分解能などのMRIのhard面での限界の他に、SE法が持つsoft面の限界が大きく作用しているためと考えられる。Field Echo法(以下FE法)などのFast imaging sequenceは現在、検査時間の短縮という面から多用されているが、同時にSE法に比しGd-DTPAによるエンハンスに対して高い感受性を持っている。エンハンスFE法によって十分なコントラストが得られれば、hard面での限界である空間分解能の悪さをある程度補償できると考えられる。しかしこの面からの乳腺疾患への応用に対する検討はまだ少ない。また最近、乳腺腫瘍に対するdynamic MRIが腫瘍の良悪性の鑑別に有用ではないかとの報告¹²⁾¹⁷⁾も出されている。

今回我々は、1枚のスライドガラス上で腫瘍の全体像を捉えることのできる3cm以下の乳癌22症例に対し、FE法による単純およびGd-DTPAエンハンスMRIを行い、得られたMR像とHE染色標本ルーベ像との比較により、標本形態の描出能を検討した。また一部にdynamic studyを併用した。更にSE法、Short TI Inversion Recovery法(以下STIR法)を併用できた乳癌13症例について、各シーケンス間の腫瘍描出能を比較検討した。また濃度ファントムを作製し、SE法とFE法のGd-DTPAに対する感受性の差に関する若干の考察を試みたので合わせて報告する。

II. 対象及び方法

1989年1月から1990年7月の間に乳房腫瘍を主訴として兵庫県立成人病センター外科を受診した女性患者のうち、MRIの後に乳房切除術を施行された、3cm以下の乳癌22症例(36~81歳、平均57.5歳)、22乳房、24病変を対象とした。内訳はTable 1に示すごとく硬癌10例、充実腺管癌7例、乳頭腺管癌2例、管状癌1例、粘液癌1例、充実腺管癌+硬癌1例である。

装置は東芝MRT-200/RX 1.5Tで乳房用サー

Table 1 Summary of Patients, Tumor size and Pathologic diagnosis

Patients No.	Age	Tumor size cm	Diagnosis	Extent of invasion
1	54	2.0×1.8×1.8	Solid-tubular ca.	GF
2	68	2.5×2.0×1.8	Solid-tubular ca.	GF
3	36	2.6×2.5×2.2	Scirrhou ca.	GF
4	81	1.5×0.9×0.9	Scirrhou ca.	GF
5	59	2.5×1.5×1.5	Solid-tubular ca.	GF
6	63	0.9×1.0×0.8	Scirrhou ca.	GFS
7	46	1.8×1.4×1.2	Solid-tubular ca.	GF
8	50	1.3×1.3×1.5	Scirrhou ca.	GF
9	48	1.3×1.5×1.8	Scirrhou ca.	GF
10	38	1.5×1.3×1.2	Scirrhou ca.	GF
11	66	1.5×1.0×0.6	Scirrhou ca.	GF
12	72	2.8×2.2×2.4	Mucinous ca.	GF
13	62	2.0×1.5×1.3	Papillotubular ca.	GF
		2.0×1.7×1.3	Papillotubular ca.	GF
14	50	0.9×0.8×0.9	Papillotubular ca.	GF
15	67	1.8×1.5×1.2	Scirrhou ca.	GF
16	43	1.4×1.2×1.2	Scirrhou ca. with Solid-tubular ca.	GF
17	59	2.8×2.5×2.5	Scirrhou ca.	GF
18	70	1.8×1.5×1.0	Scirrhou ca.	GF
19	71	1.7×1.3×1.5	Solid-tubular ca.	GF
20	54	1.7×1.5×1.5	Solid-tubular ca.	GF
		1.2×0.7×1.1	Solid-tubular ca.	GF
21	39	1.2×1.1×0.8	Tubular ca.	GF
22	68	2.8×2.6×2.3	Solid-tubular ca.	GF

フェスコイルを使用し、患側のみを撮像した。全例にTable 2に示す2種類のFE法(TR/TE/fli angle, 300/9/90°又は50/9/60°)のうち一方を施行した。このうちの9例と、他に良性腫瘍3例(線維腺腫2例、良性葉状腫瘍1例)にdynamic studyを併用した。dynamic studyはFE法(50/9/60°)10mm sliceを用い、Gd-DTPAの静注後凡そ1分後、2分後、3分後、4分後、5分後、7分後、10分後及び25分後に撮像する。1~4分後は全例、5~25分後は各々3~4例ずつ撮像した。また残りの13例にはTable 2のT₁強調SE法(TR/TE, 500/20)、T₂強調SE法(2,000/80)、STIR法(TR/TE/TI, 2,000/20/150)を併用した。Gd-DTPAは、0.2mmol/kg相当量を上肢静脈より18G針を用いて急速静注した。

撮像はdynamic併用群では約1分後より行い、dynamic非併用群では4~7分後より行った。T₁

Table 2 Summary of Sequence parameter, Slice thickness and No. of patients

	FE(1)		FE(2)		STIR	T1-weight, SE		T2-weight, SE	
	with Gd		with Gd			with Gd			
TR(msec)	300		50		2,000	500		2,000	
TE(msec)	9		9		20	20		80	
TI(msec)					150				
Flip angle(degree)	90		60						
Slice thickness	5mm		2mm		5mm	5mm		5mm	
No. of patients	14	14	8	8	13	14	8	14	

強調SE法のエンハンス像は、エンハンスFE法の終了後直ちに撮像した。断層面は腫瘍と乳頭を結ぶ面または体軸横断面である。撮像マトリックスは256×256で行い、5mm sliceは multislice, 2mm sliceは3次元で、dynamic studyはsingle sliceで撮像した。加算はすべて2回である。

これらによって得られたMR像を、HE染色標本ルーベ像と形態を中心に比較検討するとともに、各シーケンス間の腫瘍描出能を比較検討した。また、dynamic studyによって得られた腫瘍の信号強度の経時変化をグラフ化し、エンハンス効果の動態的評価により良悪性鑑別の可能性について検討した。

更に濃度ファントムとして20%アルブミン溶液中のGd-DTPAの濃度を0, 0.06, 0.12, 0.36, 1.2, 3.6, 12mmol/lと変化させたものを作製し、SE法(500/20) 5mm sliceとFE法(50/9/60°) 2mm及び5mm sliceで撮像し、各々の信号強度の変化を測定した。

III. 結 果

1. 描出率

サーフェスコイルの場合、信号強度はコイルからの距離により大きく変化するため、信号強度の絶対値はあまり意味を持たない。むしろ周囲組織に対する相対的な信号強度、つまりコントラストが重要である。これを評価するために、腫瘍の信号強度を、①Film上のすべての組織より高い、②周囲乳腺組織よりは高い、③周囲乳腺組織と同程度である、④周囲乳腺組織よりも低い、の4段階に視覚的に分類し、24病変をシーケンス毎に整理

Table 3 Contrast of Cancer tissue and Normal parenchyma in the MR signal intensity

Contrast	FE(1)		FE(2)	
	with Gd-DTPA		with Gd-DTPA	
Very High	9		6	
High	5		4	
Iso	11		2	
Low	1		8	

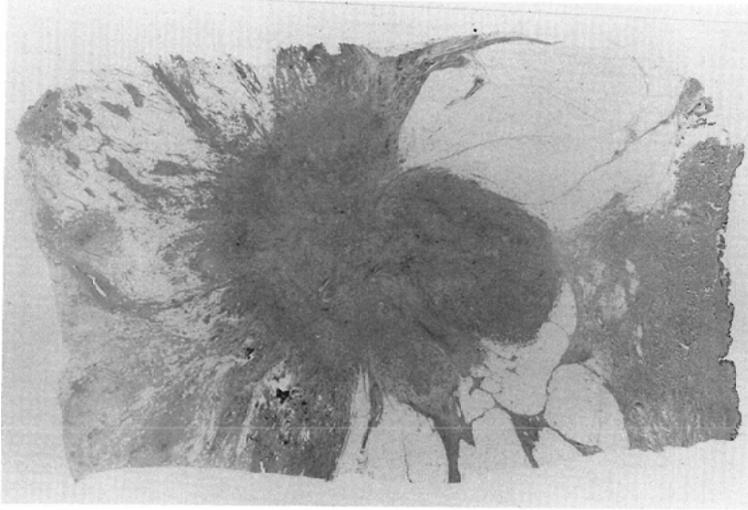
Very High: Signal intensity of the tumor is the highest of all tissues.
 High: Signal intensity of the tumor is higher than that of normal parenchyma.
 Iso: Signal intensity of the tumor is equal to that of normal parenchyma.
 Low: Signal intensity of the tumor is lower than that of normal parenchyma.

したものが、Table 3である。

FE法(300/9/90°)はプロトン密度強調像に類似し、plain MR像では腫瘍は、周囲組織とほぼIso intensityになる。FE法(50/9/60°)はT₁強調像に類似し、腫瘍はLow~Iso intensityになる。エンハンスによっていずれも、Fig. 1~Fig. 3に示す如く明瞭にHigh intensityに描出される。今回検討した24病変はすべて高信号領域として描出可能であった。

2. MR像

3cm以下の比較的小さな乳癌の場合はTable 1の我々の症例に見る如く、皮膚や大胸筋への浸潤はほとんど無く、乳腺組織や脂肪組織内に局限していると言ってよい。従ってMR像も腫瘍それ自体が示す所見が必要となる。まず硬癌と他の癌



A



B

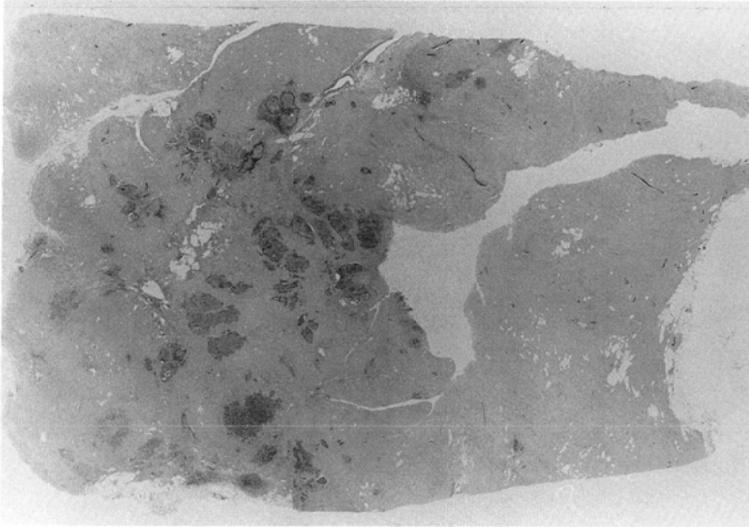
Fig. 1 43-years old patient, solid-tubular carcinoma with scirrhous carcinoma (1.4×1.2×1.2 cm). A: Micrograph's feature with HE staining. B: Gd-DTPA enhanced FE image (TR/TE/flip angle, 50/9/60°, 10mm slice). Sharply demarcated margins of the tumor and the characteristic spiculation are seen on MR image as same as in specimen.

に大きく分けて、MR像とルーベ像各々の辺縁形態を特徴付ける所見を、MR像は Spiculation, Indistinct margin, Multi-lobulation, Smooth margin の 4 種類、ルーベ像は Spiculation, Multi-lobulation, Smooth margin の 3 種類に分け、それぞれを有する病変数を一覧にしたのが Table 4 である。なお症例16は 2 病変として扱った。硬癌は MR 像上 Spiculation を有する腫瘍として表れ、ルーベ像の形態とよく一致していることが分かる。また他の癌には Spiculation を有するものは無く、比較的 round な辺縁を持つと言え

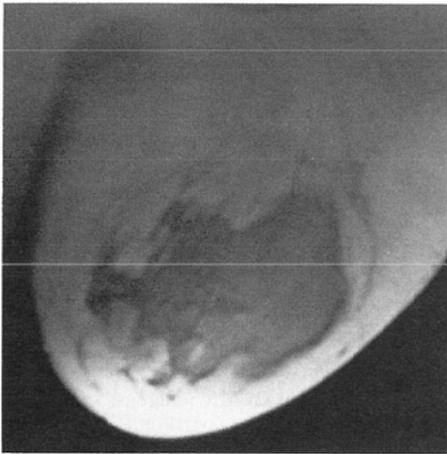
る。典型的にこれを示すのが Fig. 1 である。Fig. 1 の MR 像は、ルーベ像に見る“テルテルボウズ”様の形態をよく表しており、スカートの部分にあたる硬癌の特徴である辺縁の Spiculation と、頭の部分にあたる充実腺管癌の Smooth round な辺縁をとともに明瞭に示している。MRI はルーベ像の辺縁形態はかなり正確に描出できると考えられた。また Fig. 2 に見られるように線維組織内の数 mm 大の島状の腫瘍まで描出可能であった。

3. Dynamic Study

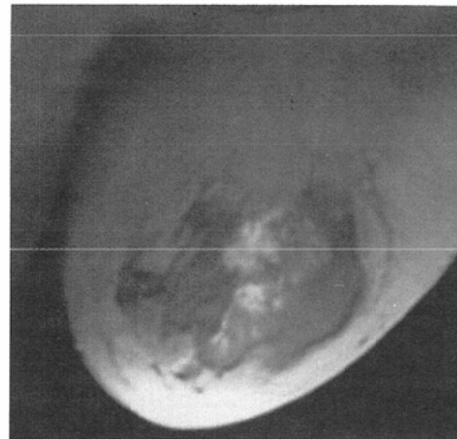
Fig. 5 は X 軸に Gd-DTPA 静注後の時間を、Y



A



B



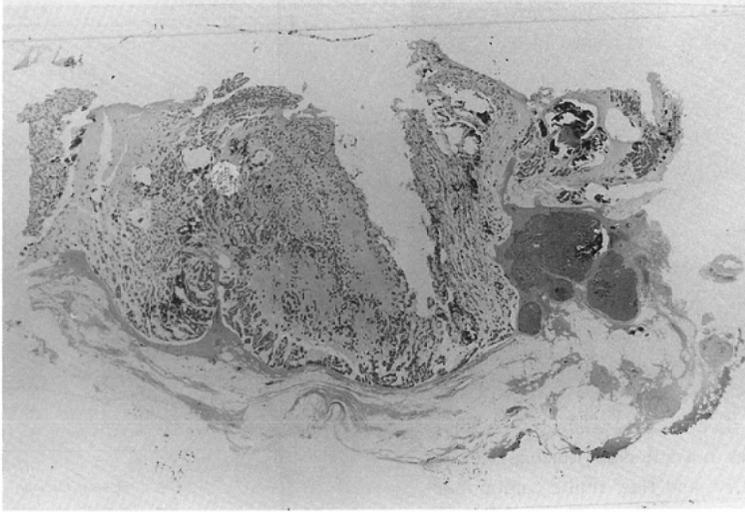
C

Fig. 2 68-years old patient, solid-tubular carcinoma (2.8×2.6×2.3cm). A: Micrograph's feature with HE staining. Cancer cells exist among fibrous tissue. B: Tumor can not be found on the plain MR image (50/9/60°, 2mm slice). C: With using Gd-DTPA enhancement tumor can be demonstrated very clearly.

Table 4 Characteristics of Tumor margins in comparison with MR images and Micrographs' findings

		Micrographs' feature (HE staining)		
		Spiculation	Multi-lobulation	Smooth margin
MRI	Spiculation	8,		
	Indistinct margin	3, (1)	, (1)	
	Multi-lobulation		, (9)	
	Smooth margin		, (3)	, (1)

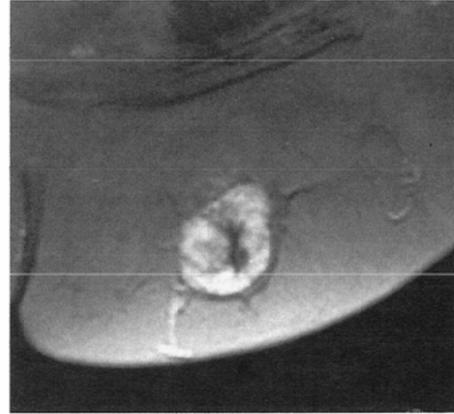
scirrhous ca., (others)



A



B



C

Fig. 3 72-years old patients, mucinous carcinoma (2.8×2.2×2.4cm). A: Micrograph's feature with HE staining. Cancer cells are scattered among fibrous tissue and parenchyma. B: Gd-DTPA enhanced FE image (50/9/60', 10 mm slice), 1-minute after enhancement. Tumor enhancement is visualized slowly from its periphery. C: 5-minutes after enhancement, the appearance of enhanced image depends upon the constitution of cancer cells, fibrous tissue and parenchyma.

軸にエンハンス前の信号強度を1とした相対的な強度をとり、癌24病変の平均値と線維腺腫2例、良性葉状腫瘍1例の相対的な信号強度値の経時変化をグラフ化したものである。図中CAは癌24病変の平均値を、FAは線維腺腫を、PHYは良性葉状腫瘍を、NPは正常乳腺組織を示す。乳癌はエンハンス後の最初の1～2分間で急速に信号強度

の上昇を見、約7分後まで信号強度の上昇が続き、以後緩やかに信号強度を減ずる。線維腺腫の2例はいずれも乳癌に比べ、静注後の数分間は緩やかなエンハンスを受けた。良性葉状腫瘍は非常に強くエンハンスされた。乳腺疾患において、dynamic studyは疾患の鑑別に有用であると考えられた。

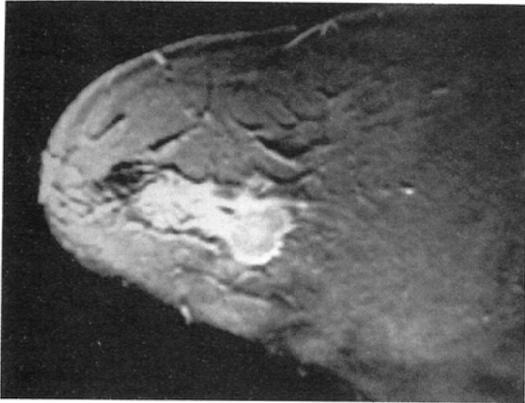


Fig. 4 On 2mm slice images (50/9/60°), small vessels and other normal constitutions can be found more clearly, and they make tumor margins unclear.

4. シーケンス間の描出率の比較

T₁強調SE法 (500/20) 単純およびエンハンス, T₂強調SE法 (2,000/80), STIR法 (2,000/20/150), FE法 (300/9/90°)エンハンス, 以上の5条件について同一症例で, 腫瘍の周囲乳腺組織に対する相対信号強度を Table 3 と同様に視覚的に4段階に評価したものが Table 5 である. Fig. 6 に示した症例のごとく, Gd-DTPA を併用したFE法が一番明瞭に腫瘍を示した. T₂強調SE法は十分なコントラストをもって腫瘍を描出でき無い場合があり, また T₁強調SE法はGd-DTPA によるエンハンスでかえって周囲組織とのコントラストを悪くする症例があった. SE法を追加することで新たにFE法の結果に付加される情報は

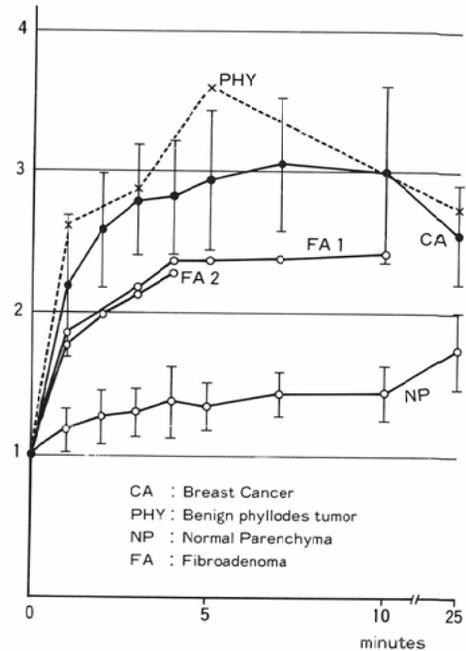


Fig. 5 Fig. 5 shows the mean rate of enhancement in the tumor and normal parenchyma following 0.2mmol/kg of Gd-DTPA intravenous injection.

ほとんど無いと考えられた.

5. 濃度ファントームを用いた基礎実験

Fig. 7 に濃度ファントーム実験の結果を示す. 図中FE 5mm はFE法 (50/9/60°) 5mm slice の意味である. X軸は20%アルブミン溶液中のGd-DTPA濃度を, Y軸はアルブミンのみの溶液の信号強度を1とした各溶液の相対的信号強度値を表す. 1.2mmol/l 付近が0.2mmol/kg を成人に使用

Table 5 Contrast of Cancer tissue and Normal parenchyma in the MR signal intensity

Contrast	T1 wighted SE		T2 W, SE	STIR	FE (1)	
	with Gd-DTPA				with Gd-DTPA	
Very High				8		9
High		6	8	5	2	5
Iso	3	2	6	1	11	
Low	11				1	

Very High : Signal intensity of the tumor is the highest of all tissues,
 High : Signal intensity of the tumor is higher than that of normal parenchyma,
 Iso : Signal intensity of the tumor is equal to that of normal parenchyma,
 Low : Signal intensity of the tumor is lower than that of normal parenchyma.

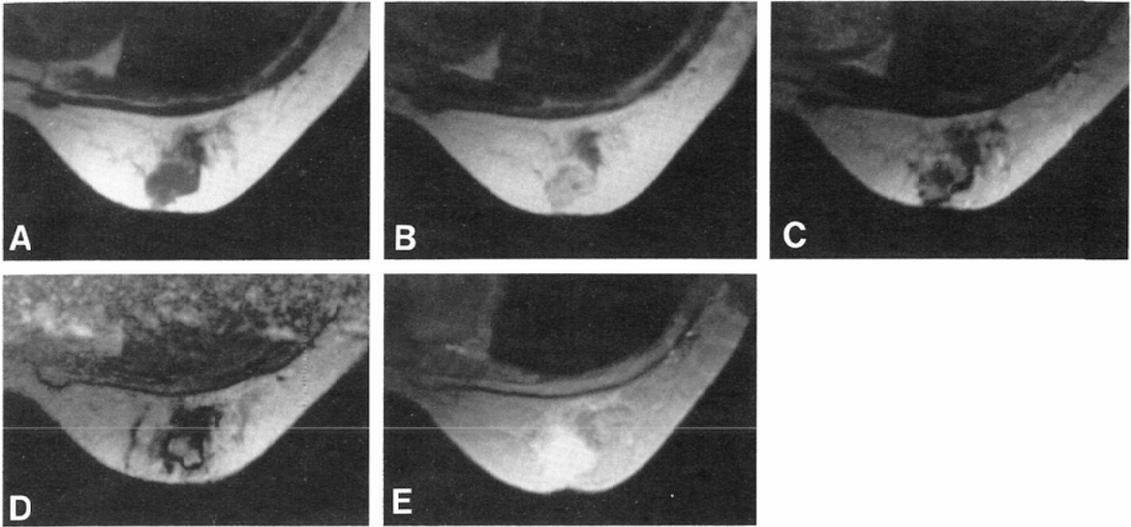


Fig. 6 60-years old patient, solid-tubular carcinoma ($2.5 \times 1.5 \times 1.2$ cm). A : T_1 weighted SE image (TR/TE, 500/20, 5mm slice) without Gd-DTPA enhancement. B : T_1 weighted SE image (500/20, 5mm slice) with Gd-DTPA enhancement. C : T_2 weighted SE image (2,000/80, 5mm slice). D : STIR image (TR/TE/TI, 2,000/20/150, 5mm slice). E : FE image (300/9/90°, 5mm slice) with Gd-DTPA enhancement. Most well delineated image of the tumor is that of FE image with Gd-DTPA enhancement.

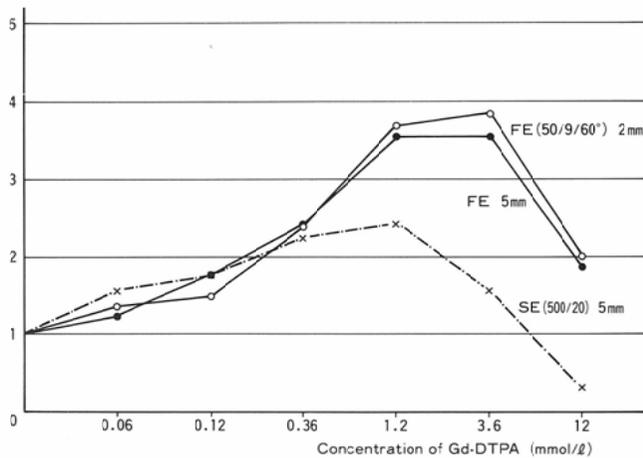


Fig. 7 Fig. 7 shows the enhance rate of 20% Albumine solution relative to the Gd-DTPA concentration.

した場合の血中濃度と考えられる。我々の用いたシーケンスではSE法は1.2mmol/l付近で最大のエンハンス効果を見、更に高濃度域では急速に信号強度を減じる。これに対しFE法は1.2mmol/lより少し高濃度で最大のエンハンス効果を見るようであるが、1.2mmol/lにおいてもSE

法に比し約1.5倍のエンハンス効果を得ている。またスライス厚に関係無く同じエンハンス効果を得る。

IV. 考 察

Schörnerら¹⁸⁾はGd-DTPAによるエンハンス効果は約38分持続すると述べている。従って、FE

法(300/9/90°)に引続いてSE法(500/20)を撮像する間は十分にエンハンス効果を得ていると考えられ、Table 5に見るエンハンス効果の差は撮像法自身に起因すると考えられる。乳癌は比較的血流に富んだ腫瘍であり、Gd-DTPAの組織分布は組織灌流量に依存する¹⁹⁾ので、通常の使用量よりも多い0.2mmol/kgあるいはそれ以上のGd-DTPAを使用したFE法により、乳癌はより強くエンハンスされる。このより高い濃度分解能によってMRIの空間分解能の悪さがある程度補償されたと考えられた。またFig. 7によって2mm sliceと5mm sliceのエンハンス効果は同一であると考えられるが、視覚的にはFig. 4に見るように2mm sliceの方がコントラストは悪い。これは第一には2mm sliceの方がデータ採取体積が小さいために信号強度の絶対値が小さくなるためであると考えられる。第二にslice厚が小さいため細かい血管が高信号域として描出されるようになる。これは流速による低信号のアーチファクトを伴っており、これにより腫瘍辺縁の形態を混乱させるためと考えられる。特にFast imaging sequenceはこのようなアーチファクトをひろい易い。当初、slice厚に係わらずエンハンス効果は等しいことから、slice厚を薄くして行けば、乳房内転移巣などをより容易に指摘できるのではないかと考えていたが、2mm sliceと5mm sliceを比べた場合、病変の広がりやをより容易に把握できるのはむしろ5mm sliceであるという印象である。

Turner⁴⁾は乳癌が存在することを示唆するMR所見として、①Skin thickeningあるいはSkin retractionなどの、広範な進展を見た場合に視診上にも現れるものと同様の所見および、②辺縁に特徴的形態(SpiculationあるいはMultilobulationなど)を有する腫瘍の存在を挙げている。3cm以下の比較的小さな乳癌の場合は皮膚への浸潤はほとんど見られず、Turnerらの第1群の所見は有用ではない。

また第2群の所見についてTurnerらは組織別には検討しておらず、Spiculationは乳癌の存在についてのspecificityは高いがsensitivityは低いと結論付けている。これは充実腺管癌などが

Spiculationを示さないためであり、組織別に検討すれば違った結果が得られるものと考えられる。我々は1cm程度の腫瘍でもSpiculationを見れば、硬癌と診断してよいと考えている。

関¹⁷⁾は乳癌のGd-DTPAによるエンハンスMRIの特徴的所見として腫瘍辺縁のリング状の染まりを挙げている。しかし関の言うように乳癌そのもののみならず辺縁の血管群をも捉えている可能性があり、病理学的には単一のものでは無いようである。

また関はdynamic studyで、乳癌は静注後3分以内にpeakeを示し、以後信号強度を減じると述べている。組織型によってはFig. 3の様に緩やかに信号強度の増加を示す例もあり、我々の症例では乳癌は平均すれば、Stack¹¹⁾やKaiser²⁾の報告のように最初の数分間に急激な信号強度の上昇を見、以後はなだらかな変化を示す。この違いはFig. 7でも判るように、Gd-DTPAによる組織のT₁値の変化がそのまま信号強度の変化として反映されないために生じている可能性がある。言い換えると、同じ現象が異なったカーブとして表現されている可能性もあり、組織灌流量を正確に反映するパラメーターとGd-DTPAの量の評価検討が必要であると考えられる。

ただ、良性疾患の一部には強くエンハンスされるものがあり、また乳癌も組織型によっては独特なdynamic patternを示す可能性がありdynamic studyが良悪性の鑑別にどの程度まで有用であるかは今後更に検討しなければならない。

V. まとめ

Gd-DTPA濃度ファントムと3cm以下の乳癌22症例にMRIを施行し、以下の結論を得た。

(1) FE法はSE法に比べGd-DTPAエンハンスに対するより高い感受性を有していた。

(2) Gd-DTPAエンハンスFE法により、乳癌は非常な高信号域として描出された。高い濃度分解能により空間分解能の悪さが補償され、腫瘍の広がりや辺縁形態が明示された。また、2mm sliceは5mm sliceに比べ必ずしも有用とは言えなかった。

(3) SE法を追加撮像することで付け加えられ

る情報はほとんど無いと考えられた。

(4) dynamic study で乳癌は最初の数分間に倍以上の信号強度の上昇を見た。

同様に線維腺腫 2 例は乳癌より低くかつ緩やかにエンハンスされるカーブを描き、鑑別診断の可能性が示唆された。

稿を終えるにあたり、貴重な症例を提供いただいた藤原順副院長と中谷正史外科部長、および終始御指導いただいた病理部の木崎智彦医長に深甚の謝意を表します。

本論文の要旨は第226回日本医学放射線学会関西地方会(大阪, 1990)並びに第16回日本磁気共鳴医学会(名古屋, 1990)に於いて発表した。

文 献

- 1) Stack JP, Redmond OM, Codd MB, et al: Breast disease: Tissue characterization with Gd-DTPA enhancement profiles. *Radiology* 174: 491-494, 1990
- 2) Kaisekr WA, Zeiltler E: MR imaging of the breast: Fast imaging sequences with and without Gd-DTPA. *Radiology* 170: 681-686, 1989
- 3) Heywang SH, Wolf AW, Pruss E, et al: MR imaging of the breast with Gd-DTPA: Use and limitation. *Radiology* 171: 95-103, 1989
- 4) Turner DA, Alcorn FS, Shorey WD, et al: Carcinoma of the breast: Detection with MR imaging versus xeromammography. *Radiology* 168: 49-58, 1988
- 5) Stelling CB, Powell DE, Mattingly SS, et al: Fibroadenomas: Histopathologic and MR IMR imaging fetures. *Radiology* 162: 399-407, 1987
- 6) Gohagan JK, Spitznagel EL, Murphy WA, et al: Multispectral analysis of MR images of the breast. *Radiology* 163: 703-707, 1987
- 7) Heywang SH, Hahn D, Schmidt H, et al: MR imaging of the breast using gadlinium-DTPA. *J Comput Assist Tomogr* 10: 199-204, 1986
- 8) Partain CL, Kulkarni MV, Price RR, et al: Magnetic resonance imaging of the breast: Functional T1 and Three-Dimensional imaging. *Cardiovasc Intervent Radiol* 8: 292-299, 1986
- 9) Dash N, Lupetin AR, Daffner RH, et al: Magnetic resonance imaging in the diagnosis of breast disease. *AJR* 146: 119-125, 1986
- 10) Weiner JI, Chako AC, Merten CW, et al: Breast and axillary tissue MR imaging: Correlation of signal intensities and relaxation times with pathologic findings. *Radiology* 160: 299-305, 1986
- 11) Heywang SH, Frezl G, Hahn D, et al: MR imaging of the breast: Comparison with mammography and ultrasound. *J Comput Assist Tomogr* 10: 615-620, 1986
- 12) Alcorn FS, Turner D, Clark JW, et al: Magnetic resonance imaging in the study of the breast. *Radiographics* 5: 631-652, 1985
- 13) El Yousef SJ, O'Connell DM, Duchesneau RH, et al: Benign and malignant breast disease: Magnetic resonance and radiofrequency puls sequences. *AJR* 145: 1-8, 1985
- 14) Ross RJ, Thompson JS, Kim K, et al: Nuclear magnetic resonance imaging and evaluation of human breast tissue: Preliminally clinical trials. *Radiology* 143: 195-205, 1982
- 15) Heywang SH, Lissner J: MRI does not replace mammograpy: Present state of MRI of breast with and without contrast agent. *画像診断* 8: 817-826, 1988
- 16) 岡田吉隆, 吉川宏起, 八代直文, 他: 乳腺腫瘍の MRI, *臨放*, 32: 1087-1091, 1987
- 17) 関 恒明: 乳腺腫瘍の dynamic MRI, *日磁医誌*, 10: 314-325, 1990
- 18) Schörner W, Laniado M, Niendorf HP, et al: Time-dependent changes in image contrast in brain tumors after gadolinium-DTPA. *AJNR* 7: 1013-1020, 1986
- 19) Strich G, Hagan PL, Gerber KH, et al: Tissue distribution and magnetic resonance spin lattice relaxation effects of gadolinium-DTPA. *Radiology* 154: 723-726, 1985