

Title	乳癌209例における3D-ダイナミックMRIによる造影パターンの検討
Author(s)	桑田, 知子; 戸崎, 光宏; 原田, 潤太
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 2004, 64(8), p. 544-551
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/18861
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

乳癌209例における3D-ダイナミックMRIによる造影パターンの検討

桑田 知子¹⁾ 戸崎 光宏²⁾ 原田 潤太¹⁾

1) 東京慈恵会医科大学附属柏病院放射線科 2) 東京慈恵会医科大学放射線科

Evaluation of Enhancement Patterns Using Three-dimensional Dynamic Contrast-enhanced MR Imaging in 209 Cases of Breast Cancer

Tomoko Kuwada¹⁾, Mitsuhiro Tozaki²⁾, and Junta Harada¹⁾

Purpose: To evaluate contrast-enhanced patterns using three-dimensional (3D) dynamic MR imaging in 209 cases of breast cancer.

Materials and Methods: Three-dimensional dynamic imaging of the breast (1.5-T scanner) was performed in 755 cases. Of 227 breast carcinomas, 209 cases that were histologically confirmed were enrolled in this study. The histological diagnoses included ductal carcinoma in situ (DCIS) (n=12), invasive ductal carcinoma (n=176), mucinous carcinoma (n=10), medullary carcinoma (n=4), invasive lobular carcinoma (n=6), and other (n=1). Tumor size was a mean 24.6 mm in diameter (range, 7-110 mm), including 110 cases of small breast carcinomas (<=2 cm). The contrast-enhancement pattern was analyzed from the early phase of 3D-MRI and the post-contrast T1-weighted SE image acquired before the delayed phase of 3D-MRI. The type of peripheral enhancement (PE) was evaluated on the early and delayed phases of 3D-MRI. These enhancement patterns were also compared with the histological findings of small breast carcinomas.

Results: The sensitivity of the 209 cases of breast carcinoma was 99% (207/209) on 3D dynamic MRI. Two hundred six cases (98.6%), including all DCIS, showed strong enhancement on the early phase of 3D MRI. An increased washout pattern showing signal intensity lower than that of fat on post-contrast T1-weighted imaging was noted in 201 cases (96.1%), of which 179 cases (85.6%) showed washout patterns. PE was identified in 63 cases (30.4%) and in 35 of 110 cases of small breast carcinoma (31.8%). Delayed PE following central washout was noted in 65% of 63 cases and 71.4% of 35 cases of small breast carcinoma. Delayed PE was well correlated with marginal fibrosis.

Conclusion: Three-dimensional dynamic MRI of the breast was highly sensitive for breast carcinoma. Delayed PE following central washout was considered a specific finding of breast carcinoma. It is important to understand the enhancement patterns of 3D dynamic MRI for excellent specificity of breast carcinomas.

Research Code No.: 521.9

Key words: Breast cancer, Dynamic study, MR imaging

Received Feb. 9, 2004; revision accepted Sep. 13

1) Department of Radiology, The Jikei University School of Medicine, Kashiwa Hospital

2) Department of Radiology, The Jikei University School of Medicine

別刷請求先

〒163-0804 東京都新宿区西新宿2-4-1

医療法人社団榊原厚生会 新宿NSビルクリニック

桑田 知子

はじめに

乳腺MRIの目的は、腫瘍の良悪性の鑑別(質的診断)と乳癌の広がり診断に大別される。現在では乳房温存手術の普及にとともに、乳腺MRIの役割は主に乳癌の広がり診断にある。微細な乳管内進展の描出を目的とした高分解能MRIが一般的となっている¹⁾⁻⁶⁾。しかし、X線マンモグラフィや超音波検査で質的診断が困難な症例や、MRIで偶然発見される濃染腫瘍が存在するため、良悪性の鑑別のためのダイナミック検査は有用と考える。

ダイナミックMRIにおいて、乳腺腫瘍の早期濃染像や peripheral enhancement (以下PE)は悪性所見に特徴的といわれ、乳癌の血管新生の観点から説明されている^{7), 8)}。

今回われわれは乳癌に対してThree-dimensional gradient field echo (3D-FE)法を用いたダイナミックMRIを行い、病理組織学的に確診された乳癌209例の造影パターンおよびPEの有無について検討した。さらに2cm以下の早期乳癌についても組織学的に検討を加えたので報告する。

対象および方法

1. 対象

1995年2月から2000年5月までに乳腺MRIが施行された755例のうち、病理組織学的に乳癌と診断された227例について検討を行った。術前化学療法施行例とmotion artifactによる画像不良例を除外した209例を対象とした。その内訳は、女性208例、男性1例、年齢26~85歳(平均53.3歳)であった。乳癌209例の腫瘍径は7~110mm(平均24.6mm)であり、そのうち110例が2cm径以下の早期乳癌であった。209例の組織学的分類は非浸潤癌12例(非浸潤性乳管癌12例)、浸潤癌197例であった。浸潤癌の内訳は浸潤性乳管癌176例(乳頭腺管癌59, 充実腺管癌37, 硬癌80), 粘液癌10例, 髄様癌4例, 浸潤性小葉癌6例, その他1例であった。

2. 検査方法

使用装置は1.5T超伝導MRI(日立社製MRH1500)で、乳房専用コイルを用いて腹臥位にて検査を行った。十分な空間

Table 1 Enhancement pattern and histology in 209 cases of breast carcinoma

Pattern	Non-invasive		Invasive		Total n=209 (%)
	Ductal carcinoma in situ n=12	Ductal carcinoma n=176	Others n=21		
A	1	1	3**		5 (2.4)
B	1	17	4		22 (10.5)
C	10	157	12		179 (85.6)
D	0	0	1*		1 (0.5)
E	0	1	1**		2 (1.0)

A: 3D-MRI (early phase) shows strong enhancement; post-contrast T1-weighted SE shows almost equal intensity to fat tissue.
 B: 3D-MRI (early phase) shows strong enhancement; post-contrast T1-weighted SE shows lower intensity than fat tissue.
 C: 3D-MRI (early phase) shows strong enhancement; post-contrast T1-weighted SE shows definitely lower intensity than fat tissue.
 D: 3D-MRI (early phase) shows slight enhancement; post-contrast T1-weighted SE shows definitely lower intensity than fat tissue.
 E: 3D-MRI (early phase) shows no enhancement; post-contrast T1-weighted SE shows no signal change.

*: Invasive lobular carcinoma

** : Mucinous carcinoma

分解能を得るために患側乳房のみの撮像とした。撮像方法は、まずT1強調横断像 (spin echo 法, TR/TE/excitations ; 500/23/2, FOV 220mm, マトリックス480×256, スライス厚5mm) を撮像した。次に、Gd-DTPA 15mlを肘静脈より3ml/秒にてbolus投与し、生理食塩水20mlを注入し、3Dダイナミックスキュンを施行した。撮像パラメータは、gradient field echo法で、TR/TE/excitations = 35/9/1, FA = 40, スライス厚1.2~2mmとした。造影方法はコントラストピーク時間が撮像開始後90秒になるように撮像開始58秒後に造影剤の注入を行い、造影3D早期相を撮像した。また、注入開始より7分8秒後に造影T1強調横断像(造影SE法)を追加し、11~13分後に造影3D遅延相を撮像した。

3. 検討方法

1) 乳癌の造影パターン

造影3D早期相にて造影効果を観察し、さらに造影SE法と比較することで造影所見を以下の五つのパターンに分類した。

- A: 造影3D早期相で強い造影効果を認め、造影SE法で脂肪とほぼ同じ信号強度をしめす。
 B: 造影3D早期相で強い造影効果を認め、造影SE法で脂肪よりやや低い信号強度をしめす。
 C: 造影3D早期相で強い造影効果を認め、造影SE法で脂肪より明らかに低い信号強度をしめす。
 D: 造影3D早期相で弱い造影効果を認め、造影SE法で脂肪より明らかに低い信号強度をしめす。
 E: 造影3D早期相および造影SE法で造影効果を認めない。

2) Peripheral enhancementのタイプと頻度

造影3D早期相と遅延相から腫瘍辺縁の濃染像(peripheral enhancement ; PE)のタイプを以下のごとく3型に分類し、その出現率を検討した。

タイプ1 (early PE with central filling) : 早期相からPEを認め、遅延相で腫瘍辺縁から中心へ増強効果が認められ、腫

瘍全体の信号が高くなるもの。

タイプ2 (early PE without central filling) : 早期相からPEを認めるが、遅延相でも中心部の増強効果が認められないもの。

タイプ3 (delayed PE) : 早期相では腫瘍全体が濃染し、腫瘍中心部のwashout亢進のために遅延相でrim状の濃染を示すもの。

3) 早期乳癌におけるPEの頻度と病理組織像

最大径2cm以下の早期乳癌について、PEの出現率とそのタイプおよび病理組織学的構築との関連性について検討を行った。

以上の1~3の項目について放射線専門医2名によって評価を行った。

結 果

1. 乳癌の造影パターン

造影3D早期相と造影SE法の造影パターンをTable 1に示す。造影3D早期相では、パターンE 2例を除く207例が造影効果を認め、その描出率は99.0% (207/209)であった。そのうち特に強い増強効果を示したパターンA, B, Cは206例(98.5%)であった。造影SE法では脂肪と同等の信号強度をしめしたパターンAは5例(2.4%)であり、その内訳は非浸潤癌1例、浸潤癌4例(乳管癌1, 粘液癌3)であった(Fig. 1)。また、脂肪より低い信号強度を示したパターンB, Cは201例であり、それぞれ10.5%, 85.6%であった(Figs. 2, 3)。また、パターンB, Cの病理組織型は非浸潤癌11例、浸潤癌190例であった。造影3D早期相で弱い造影効果をしめしたパターンDは1例(0.5%)であり、25mm径の浸潤性小葉癌であった(Fig. 4)。造影3D早期相で造影効果をまったく認めなかったパターンEは浸潤癌2例(1.0%)であり、造影SE法および造影3D遅延相でも増強効果を認めなかった。これらはそれぞれ10mm径と15mm径の浸潤性乳管癌と粘液癌であった。

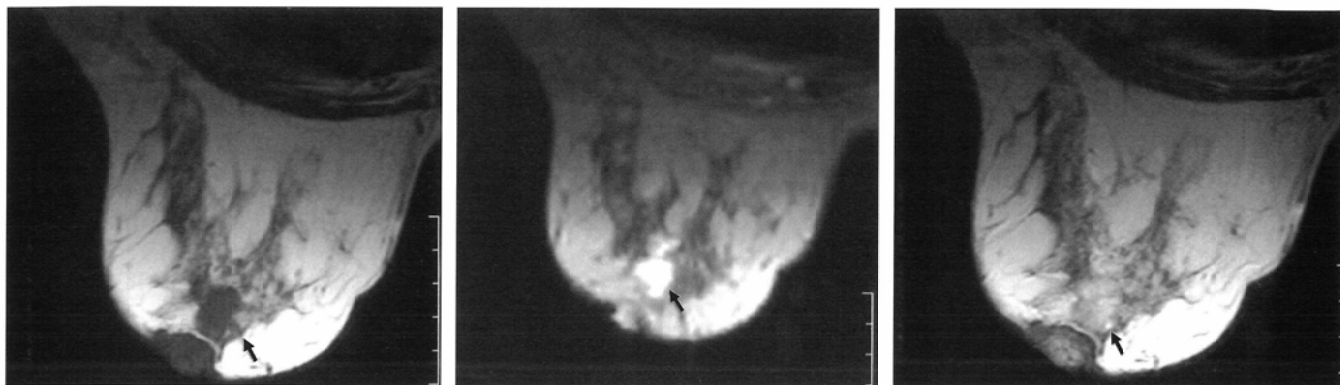


Fig. 1 Pattern A.

A 43-year-old woman with mucinous carcinoma.

A: Axial T1-weighted MR image shows low-intensity lesion of the left breast (arrow).

B: Contrast-enhanced 3D MR image shows strong enhancement of the entire lesion in the early phase (arrow).

C: In the contrast-enhanced T1-weighted MR image, the signal intensity of the lesion is almost equal to that of fat tissue signal (arrow).

A | B | C

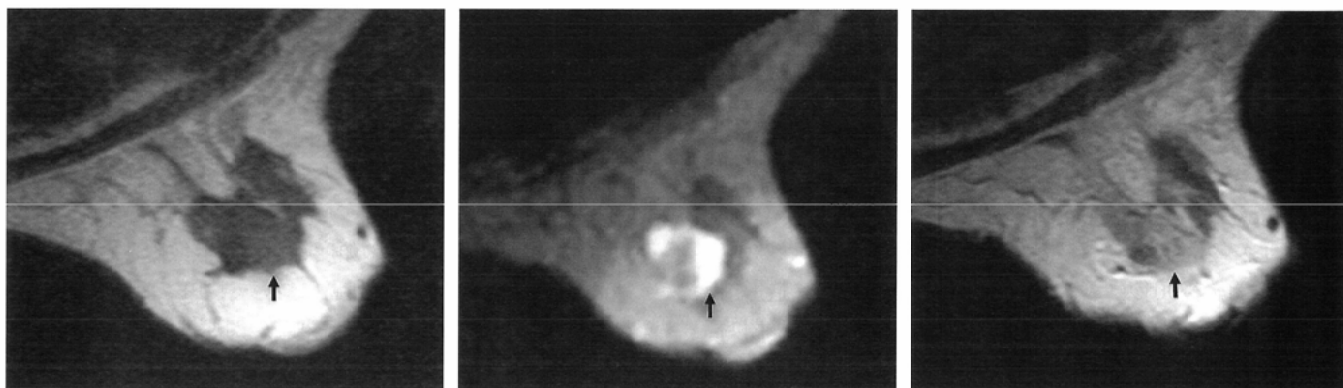


Fig. 2 Pattern B.

A 48-year-old woman with solid tubular carcinoma.

A: Axial T1-weighted MR image shows a low-intensity lesion of the right breast (arrow).

B: Contrast-enhanced 3D MR image shows strongly eccentric enhancement of the lesion in the early phase (arrow).

C: In the contrast-enhanced T1-weighted MR image, the signal intensity of the lesion is lower than that of fat tissue (arrow).

A | B | C

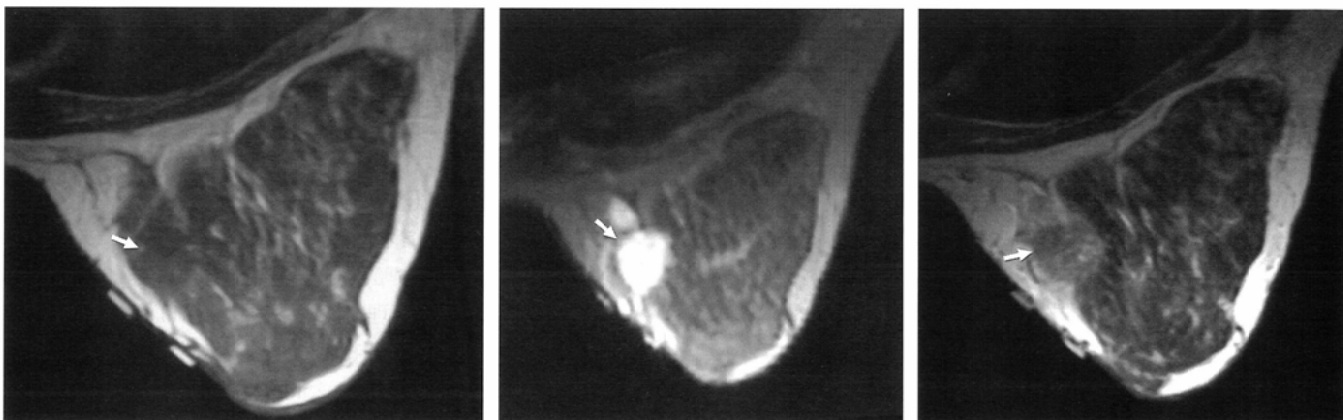


Fig. 3 Pattern C.

A 42-year-old woman with invasive ductal carcinoma.

A: Axial T1-weighted MR image shows an intermediate-intensity lesion in the medial aspect of the right breast (arrow).

B: Contrast-enhanced 3D MR image shows strong enhancement of the entire lesion on the early phase (arrow).

C: In the contrast-enhanced T1-weighted MR image, the signal intensity of the lesion is definitely lower than that of fat tissue (arrow).

A | B | C

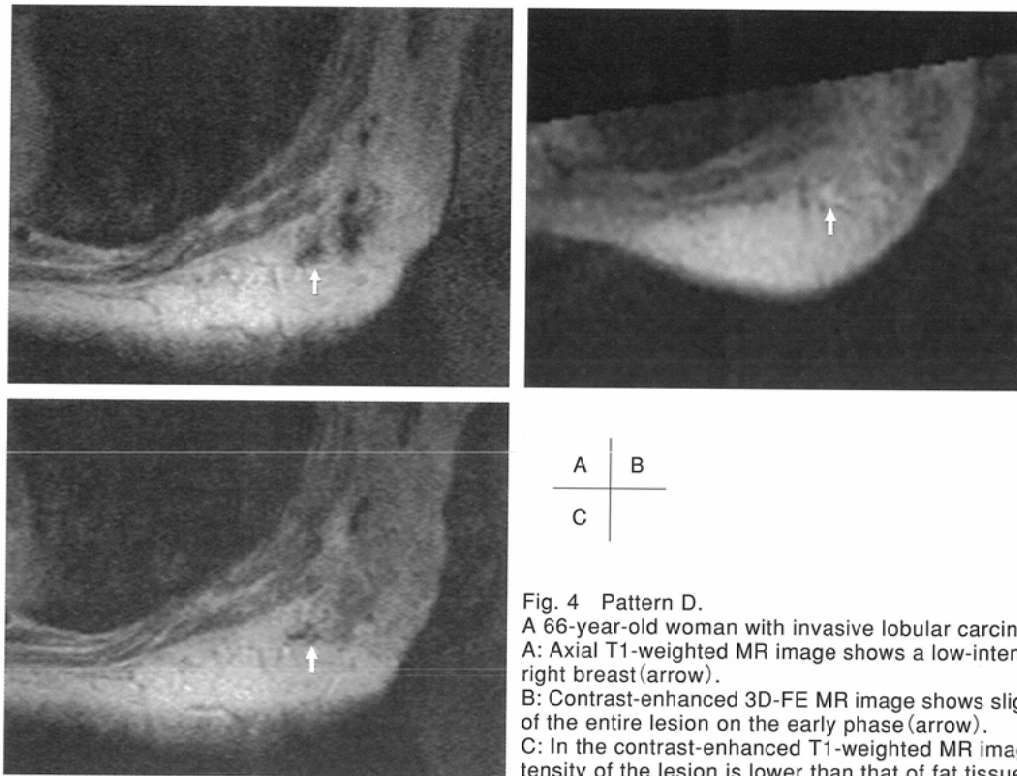


Fig. 4 Pattern D.
 A 66-year-old woman with invasive lobular carcinoma.
 A: Axial T1-weighted MR image shows a low-intensity lesion of the right breast (arrow).
 B: Contrast-enhanced 3D-FE MR image shows slight enhancement of the entire lesion on the early phase (arrow).
 C: In the contrast-enhanced T1-weighted MR image, the signal intensity of the lesion is lower than that of fat tissue (arrow).

Table 2 Type of PE* and histology in 63 cases of breast carcinoma

Type	Non-invasive		Invasive		Total n=63 (%)
	Ductal carcinoma in situ n=3	Ductal carcinoma n=54	Others n=6		
1	1	13	2		16 (25.4)
2	0	4	2		6 (9.5)
3	2	37	2		41 (65.1)

Type 1: Lesion shows PE on the early phase and central filling on the late phase.
 Type 2: Lesion shows PE on the early phase and no signal change of the central lesion on the late phase.
 Type 3: Lesion shows complete enhancement on the early phase and rim-like enhancement following progressive central washout on the late phase.

PE*: peripheral enhancement

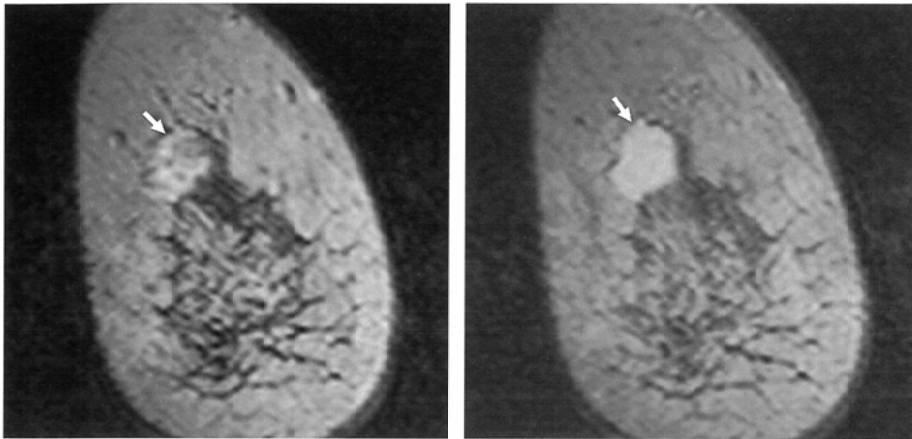
2. Peripheral enhancementのタイプと頻度

PEを認めたものは207例中63例(30.4%)であった。PEを認めた63例の造影パターンはいずれもパターンB, Cに含まれていた。PEのタイプをTable 2に示す。早期相からPEを認め、遅延相で中心へ増強効果が認められるタイプ1は16例(25.4%) (Fig. 5), 早期相からPEが見られるが、遅延相でも中心部の増強効果が認められないタイプ2は6例(9.5%)であった(Fig. 6)。また、早期相で腫瘍全体が濃染し、遅延相でwashoutによりPEを示すタイプ3は41例(65.1%)であった(Fig. 7)。

3. 早期乳癌におけるPEの頻度と病理組織像

2cm以下の早期乳癌110例のうちPEを示した35例のタイプ

をTable 3に示す。PEの出現率は31.8% (35/110)と乳癌209例のPE出現率とはほぼ同様であった。35例のタイプ別の頻度はタイプ1が6例(17.1%), タイプ2が3例(8.6%), またタイプ3が26例(71.4%)であった。タイプ1は6例すべてが浸潤癌であり、そのうち4例の乳管癌のうち2例は腫瘍辺縁に比べて内部に強い線維化を認めた。残りの2例は粘液癌であり、内部に粘液塊が見られその中に腫瘍細胞の小腺管を含んでいた(Fig. 8)。タイプ2は3例とも浸潤性乳管癌であり、いずれも腫瘍辺縁に比べて内部の高度な線維化、硝子化および壊死を認めた(Fig. 9)。タイプ3は26例であり2例が非浸潤癌、24例が浸潤癌(乳管癌)であった。全例が髄様増殖性の腫瘍で、腫瘍辺縁に薄い非腫瘍性間質部分を認めた(Fig. 10)。

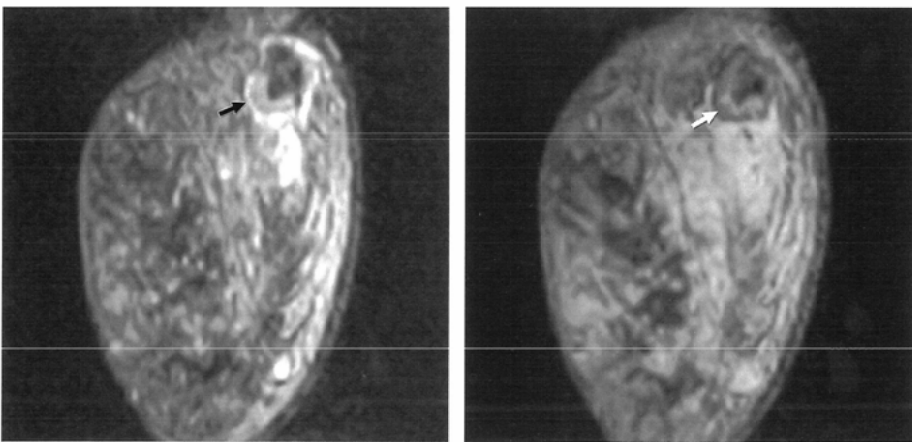


A | B

Fig. 5 Type-1 peripheral enhancement. A 48-year-old woman with mucinous carcinoma.

A: Contrast-enhanced 3D MR image shows peripheral enhancement of the lesion on the early phase (arrow).

B: Contrast-enhanced 3D-FE MR image shows central filling on the late phase (arrow).

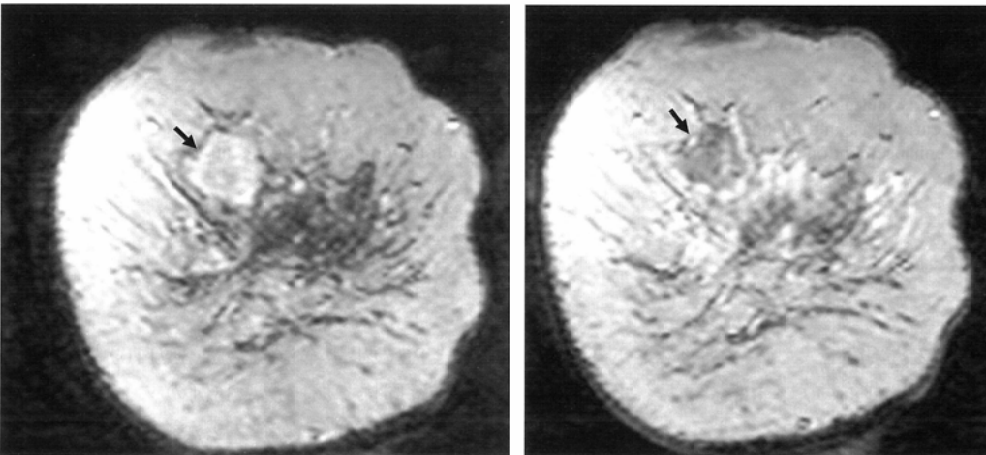


A | B

Fig. 6 Type-2 peripheral enhancement. A 47-year-old woman with scirrhous carcinoma.

A: Contrast enhanced 3D-FE MR image shows peripheral enhancement of the lesion in the early phase (arrow).

B: In the late phase of the contrast-enhanced 3D-FE MR image, no signal change is evident in the central lesion (arrow).



A | B

Fig. 7 Type-3 peripheral enhancement.

A 42-year-old woman with ductal carcinoma in situ.

A: Contrast-enhanced 3D MR image shows enhancement of the entire lesion on the early phase (arrow).

B: The late phase of contrast-enhanced 3D-FE MR imaging shows rim-like enhancement following progressive central washout (arrow).

考 察

3D-FE法では任意の断層面の設定が必要なく乳房全体の撮像が可能であり、乳癌209例における早期濃染像は99.0%に見られ、非常に高いsensitivityであることを裏付けた。3D-FE法では正常乳腺と腫瘍をボクセルから画像を再構成するため、volume-averaging effectにより空間分解能が低下

し、特に小さな病変部は不明瞭となる欠点がある^{9), 10)}。しかし3Dダイナミック撮像により濃度分解能を高くすることで、小さな乳癌でも正常乳腺から明瞭に区別できたと考えられる。

乳癌のダイナミックMRIにおいて早期濃染像を示す癌を血管新生の観点から捉えようとする試みが行われている^{7), 11), 12)}。すなわち悪性腫瘍では内皮細胞増殖因子が癌細胞に

Table 3 Type of PE* and histology in 35 cases of small breast carcinoma

Type	Non-invasive		Invasive		Total n=35 (%)
	Ducral carcinoma in situ n=2	Ductal carcinoma n=31	Others n=2		
1	0	4	2**		6 (17.1)
2	0	3	0		3 (8.6)
3	2	24	0		26 (71.4)

Type 1: Lesion shows PE on the early phase and central filling on the late phase.

Type 2: Lesion shows PE on the early phase and no signal change of the central lesion on the late phase.

Type 3: Lesion shows complete enhancement on the early phase and rim-like enhancement following progressive central washout on the late phase.

PE*: peripheral enhancement

** : Mucinous carcinoma

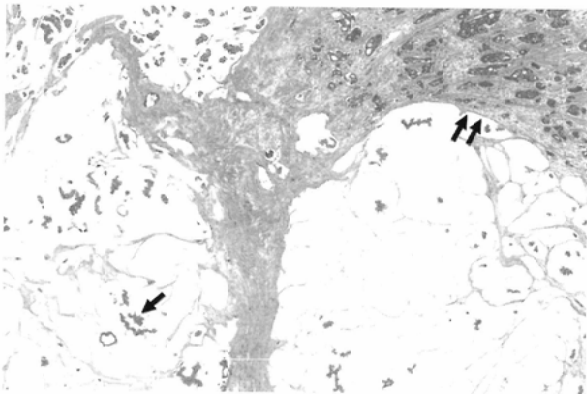


Fig. 8 A 48-year-old woman with mucinous carcinoma. Type-1 peripheral enhancement. Histological section shows mucinous carcinoma including tumor ducts in the central region (arrow). In the peripheral regions, invasive ductal carcinoma is observed (arrows).

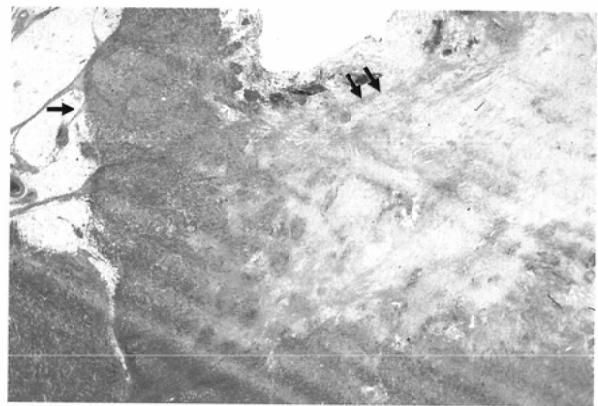


Fig. 9 A 47-year-old woman with scirrhous carcinoma. Type-2 peripheral enhancement. Histological section shows viable tumor tissue with fatty infiltration in the peripheral regions (arrow). Tumor necrosis and hyalinization are noted in the central zone (arrows).

隣接する血管の内皮に転送され、これが微小血管の増生を促していると考えられている。今回の検討では、3DダイナミックMRIの早期相で強い造影効果を示したパターンA、B、Cの乳癌は98.5%と高率であり、非浸潤性乳管癌も全例で強い増強効果を示した。この206例のうち、201例はパターンB、Cであった。これらの多くは造影剤の洗い出しの亢進と考えられ、腫瘍細胞から出された血管増殖因子により毛細血管の増加と透過性の亢進および血流量の増大がおこるため、早期の強い造影効果と間質に移動した造影剤の洗い出しの亢進として描出されたものと考えられる¹³⁾。

乳腺のダイナミックMRIにおいて、FischerやTeifkeらにより早期の強い濃染像とwashoutの程度をスコア化し、組織との対比による悪性度の分類が行われている^{14), 15)}。われわれが行った造影パターンをこれらの分類にあてはめると、早期の強い濃染とパターンB、Cの組み合わせでは96.1%が悪性の疑いとなる。今回は良性腫瘍との比較は行っていないが、強い早期濃染とwashoutの亢進は乳癌に高頻度に見られる所見と考えられた。

造影SE法で脂肪と同等の信号強度を示すパターンAの組織型は、非浸潤癌1例と浸潤癌4例であり、うち3例が粘

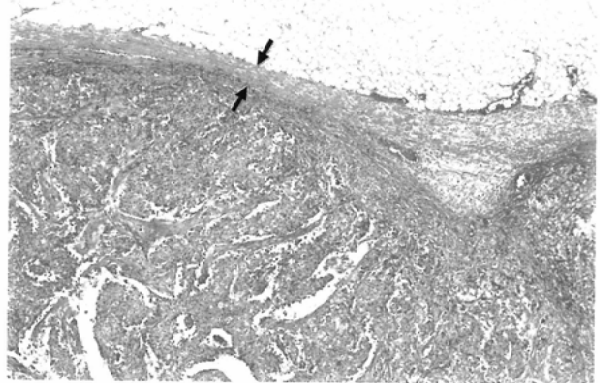


Fig. 10 A 47-year-old woman with invasive ductal carcinoma. Type-3 peripheral enhancement. Histological section shows medullary proliferation of the entire tumor (arrow). The outer margin of the tumor is surrounded by a thin connective tissue layer (arrows).

液癌であった。これらは漸増型濃染パターンと考えられ、周囲間質への緩徐な造影剤の移動を反映していると考えられる¹⁶⁾。漸増型濃染パターンは乳管周囲浸潤巣の線維化をとまなう浸潤性乳管癌や、血管密度の低い粘液癌および小

葉癌に見られると報告されている¹²⁾。また、非浸潤癌においても白石ら⁴⁾は乳管内成分の豊富な病変では漸増型の濃染パターンの頻度が増えてくることを指摘しており、これは乳管内の新生血管から漏出した造影剤の乳管周囲間質への緩徐な移行によるとしている。パターンDおよびEに関しては、組織学的に癌に隣接する部位の新生血管の増生密度が低いとされ、われわれの結果でも3例のうち2例は粘液癌と小葉癌であった。

Peripheral enhancementは悪性所見としての特異性が高いとされているが^{17), 18)}、稀に線維腺腫、脂肪壊死、乳腺炎などの良性病変でも認められる^{4), 19)}。PEを示す頻度は16~65%と幅が広く、なかでも27~30%であると報告されているものが多い。PEの描出率が報告によって大きく異なるのは撮像条件におけるパルスシーケンス、画像収集時間、シグナル/ノイズ比の違い、また血管新生の相違により造影効果と洗い出しの速さが異なることなどが考えられる⁸⁾。今回の検討では増強効果を認めた乳癌207例におけるPEの頻度は30.4%であり、従来の報告とほぼ同等であった。最大径2cm以下の早期乳癌の検討でもPEの出現率は31.8%であり、乳癌全体のPEの出現率とほぼ同様であった。さらにPEのタイプ別の頻度においても類似した結果であった。これは組織構築や血管新生が2cm以下の乳癌でも既に構築されていると考えられる。安村ら²⁰⁾は早期乳癌のダイナミック造影MRI早期相の腫瘍濃染像をmarginal strong enhancement typeとnon marginal strong enhancement typeに分けて、腫瘍血管新生との関連を報告した。血管増生が腫瘍辺縁で高く、中心部で低いことが従来から報告されており^{21), 22)}、特に辺縁部で血管増殖能が高いとされている¹⁷⁾。また、早期乳癌においても腫瘍中心部に比べ高率(15/20)に辺縁での高度な血管増生が認められている²⁰⁾。われわれの検討では2cm以下の乳癌においても腫瘍内部は線維化、硝子化、壊死等の変化がすでに見られ、腫瘍辺縁の方が血管密度が高いのを裏付ける結果であった。早期に腫瘍全体が染まり、

遅延相で中心部が洗い出しを示したタイプ3は、乳癌63例の65%を占め、2cm以下の早期乳癌においても74.3%に見られた。これらはいずれもパターンB, Cに見られており、パターンB, Cでタイプ3であれば乳癌の可能性が高いと考えられる。

今回われわれは、3DダイナミックMRIにより乳癌の検出において高いsensitivityが得られることをretrospectiveに確認することができた。しかし、空間分解能を優先した3D撮像では時間分解能が犠牲になる。このため早期相と遅延相の間に造影SE法を施行し、これと比較することで腫瘍濃染の強さと造影パターンを検討してきた。現在ではMR機器の技術開発により、さまざまな高速・高分解能撮像が可能となってきている。T2*強調first-pass perfusion MRIは、乳腺腫瘍の血流をより敏感に反映し、T1-dynamic MRIよりも質的診断能が高いと報告されている^{23), 25)}。また、改良型の3D spoiled gradient-echo法を用いた高速・高分解能ダイナミックMRIの有用性も報告されており²⁶⁾、時間分解能の向上からT2*強調first-pass perfusion MRIと組み合わせることの可能性も示唆されている。現在でも乳腺MRIの適切な撮像法は確立されていないが、今後新たな撮像法での検討が必要と考えている。

まとめ

乳癌209例における3DダイナミックMRIでの描出能とその造影パターンについて検討した。

3DダイナミックMRI早期相での乳癌の造影効果は99.0%に認められた。

PEの出現率は乳癌全体の30.4%、2cm以下の乳癌で31.8%であった。両者においてタイプ3が2/3以上を占めていた。

3DダイナミックMRIにおける乳癌検出の有用性が示唆されたが、今後新たな撮像法での検討が必要と考える。

文 献

- 1) Pierce WB, Harms SE, Flamig DP, et al: Three-dimensional gadolinium-enhanced MR imaging of the breast: pulse sequence with fat suppression and magnetization transfer contrast. *Radiology* 181: 757-763, 1991
- 2) 平松秀子, 池田 正, 榎本耕治, 他: 乳癌の術前診断における高分解能MR imagingの有用性—特に乳管内進展の描出について—. *日医放会誌* 57: 182-188, 1997
- 3) 伊達秀二: 高分解能MR mammographyによる乳癌の乳管内進展の診断—画像と病理組織像との対比—. *日医放会誌* 58: 212-220, 1998
- 4) 白石昭彦, 鈴木 賢, 野津 聡, 他: 3D-ダイナミックMRIによる乳癌の造影パターンと拡がり診断—特に乳管内進展の程度との相関について—. *日医放会誌* 59: 122-130, 1999
- 5) 川島博子: 脂肪抑制法併用dynamic MR imagingによる乳癌診断—病理組織像との対比—. *日医放会誌* 56: 459-469, 1996
- 6) Kinkel K, Helbich TH, Esserman LJ, et al: Dynamic high-spatial-resolution MR imaging of suspicious breast lesions: diagnostic criteria and interobserver variability. *AJR* 175: 35-43, 2000
- 7) Buadu LD, Murakami J, Murayama S, et al: Patterns of peripheral enhancement in breast masses: correlation of findings on contrast medium enhanced MRI with histologic features and tumor angiogenesis. *J Comput Assist Tomogr* 21: 421-430, 1997
- 8) Mussurakis S, Gibbs P, Horsman A: Peripheral enhancement and spatial contrast uptake heterogeneity of primary breast tumors: Quantitative assessment with dynamic MRI. *JCAT* 22 (1): 35-46, 1998
- 9) Oderstrom C E, Harms SE, Copit DS, et al: Three-dimensional RODEO breast MR imaging of lesions containing ductal carcinoma in situ. *Radiology* 201: 427-432, 1996
- 10) Orel SG, Mendonca MH, Reynolds C, et al: MR imaging of ductal carcinoma in situ. *Radiology* 202: 413-420, 1997
- 11) Hulka CA, Edmister WB, Smith BL, et al: Dynamic echo-planar imaging of the breast: Experience in diagnosing breast carcinoma and correlation with tumor angiogenesis. *Radiology* 205: 837-842, 1997
- 12) Buadu LD, Murakami J, Murayama S, et al: Breast lesions: Correlation of contrast medium enhancement patterns on MR images with histopathologic findings and tumor angiogenesis. *Radiology* 200: 639-649, 1996
- 13) Sherif H, Mahfouz AE, Oellinger H, et al: Peripheral washout sign on contrast-enhanced MR images of the breast. *Radiology* 205: 209-213, 1997
- 14) Fischer U, Kopka L, Crabbe E: Breast carcinoma: effect of preoperative contrast-enhanced MR imaging on the therapeutic approach. *Radiology* 213: 881-888, 1999
- 15) Teifke A, Lehr HA, Vomweg TW, et al: Outcome analysis and rational management of enhancing lesions incidentally detected on contrast-enhanced MRI of the breast. *AJR* 181: 655-662, 2003
- 16) 磯本一郎, 奥石 剛, 沖本智昭, 他: Dynamic MRIにて漸増型濃染を示す乳癌. *日医放会誌* 60: 514-519, 2000
- 17) Orel SG, Schnall MD, LiVolsi VA, et al: Suspicious breast lesions: MR imaging with radiologic-pathologic correlation. *Radiology* 190: 485-493, 1994
- 18) Stomper PC, Herman S, Klippenstein DL, et al: Suspect breast lesions: findings at dynamic gadolinium-enhanced MR imaging correlated with mammographic and pathologic features. *Radiology* 197: 387-395, 1995
- 19) Orel SG: High-resolution MR imaging of the breast. *Seminars in Ultrasound, CT, and MRI* 17: 476-493, 1997
- 20) 安村和彦, 小川健二, 湯浅祐治, 他: 早期乳癌におけるdynamic MRI画像の描出機序と腫瘍血管新生に関する研究. *日医放会誌* 60: 379-388, 2000
- 21) Weidner N, Sample JP, Walch WR, et al: Tumor angiogenesis and metastasis: correlation in invasive breast carcinoma. *N Engl J Med* 324: 1-7, 1991
- 22) Weind KL, Maier CF, Rutt B, et al: Invasive carcinomas and fibroadenomas of the breast: comparison of microvessel distributions-implications for imaging modalities. *Radiology* 208: 477-483, 1998
- 23) Kuhl CK, Bieling H, Gieseke J, et al: Breast neoplasms: T2*-susceptibility-contrast, first-pass perfusion MR imaging. *Radiology* 202: 87-95, 1997
- 24) 吉野綾子: 乳腺腫瘍の鑑別におけるEcho-planar imagingを用いたdynamic susceptibility contrast MRIの有用性について. *日医放会誌* 58: 441-446, 1998
- 25) Kvistad KA, Rydland J, Vainio J, et al: Breast lesions: evaluation with dynamic contrast-enhanced T1-weighted MR imaging and with T2*-weighted first-pass perfusion MR imaging. *Radiology* 216: 545-553, 2000
- 26) 戸崎光宏, 福田 安, 福田国彦, 他: 3D-VIBEを用いたダイナミックMRIによる乳癌の広がり診断. *日磁医誌* 22: 140-145, 2002