

## 3D-VIBE を用いたダイナミック MRI による乳癌の広がり診断

戸崎光宏<sup>1</sup>, 福田 安<sup>1</sup>, 福田国彦<sup>1</sup>, 河上牧夫<sup>2</sup>

<sup>1</sup>東京慈恵会医科大学放射線医学講座 <sup>2</sup>同病院病理部

### はじめに

近年では乳癌の外科的治療において、乳房温存療法が普及している。しかし、広範な乳管内進展、多発病巣、並びに娘結節の存在は、温存乳房内再発の危険因子として重要である<sup>1)~3)</sup>。したがって、この乳癌縮小手術の普及に伴い、術前に乳管内進展を含む病巣の広がりを正確に診断することは画像診断の重要な役割と考える。

乳癌の広がり診断には、MRI による有用性が数多く報告されているが<sup>4)~10)</sup>、スライス厚は 2.5 mm から 5 mm の報告が多い。微小な乳管内進展の検出には、高い空間分解能が要求されるが、従来のパルス系列では、空間分解能を優先すると時間分解能が劣り、時間分解能を優先したダイナミック撮像では空間分解能が十分ではなかった。3D-VIBE (three-dimensional volumetric interpolated breath-hold examination) は、3D spoiled gradient-echo 法を改良し、zero filling interpolation により高速撮像を可能にした撮像法である。3D-VIBE により一回の息止めで、2 mm スライス厚の 3D ダイナミック撮像が上腹部領域で可能であることが報告された<sup>11),12)</sup>。

今回我々は、3D-VIBE を用いた高分解能ダイナミック MRI (以下、dynamic 3D-VIBE) を用いて、乳管内進展巣の描出能および乳癌の広がり診断能につき検討したので報告する。

### 対 象

当院において、2000 年 7 月から 2001 年 7 月の間に術前に dynamic 3D-VIBE が施行された乳癌患者 30 例を対象とした。うち 2 例は同側多発症例であり、計 32 病変 (非浸潤性乳管癌 3 病変、乳頭腺管癌 8 病変、充実腺管癌 7 病変、硬癌 11 病変、粘液癌 1 病変、浸潤性小葉癌 2 病変) を検討した。性別は全例女性、年齢 30~81 歳 (平均 51.3 歳)、腫瘍径は 10~75 mm (平均 27.8 mm) である。

### 撮 像 方 法

使用装置は MAGNETOM Symphony (Siemens 社製, Erlangen, Germany, 1.5T 装置) を用いた。撮像方法は、患側全乳房を撮像範囲として脂肪抑制併用 3D-VIBE を施行した。撮像条件は、TR/TE=3.7/1.7 ms, フリップ角 12°, バンド幅 490 Hz/pixel, FOV 270×216 mm (phase 81.3%), マトリックス 256×191, スラプ厚 48~60 mm, スライス厚 0.8~1.5 mm (平均 1.2 mm) として、約 35 秒間で撮像を行った。ダイナミックスキューンは、Gd-DTPA 0.1 mmol/kg を 3 ml/s で自動注入し、脂肪抑制併用 dynamic 3D-VIBE を施行した。撮像タイミングは、最初の 15 症例では造影剤注入後 30 秒後、70 秒後および 5 分後から撮像

キーワード magnetic resonance imaging, three-dimensional, breast cancer, tumor extent

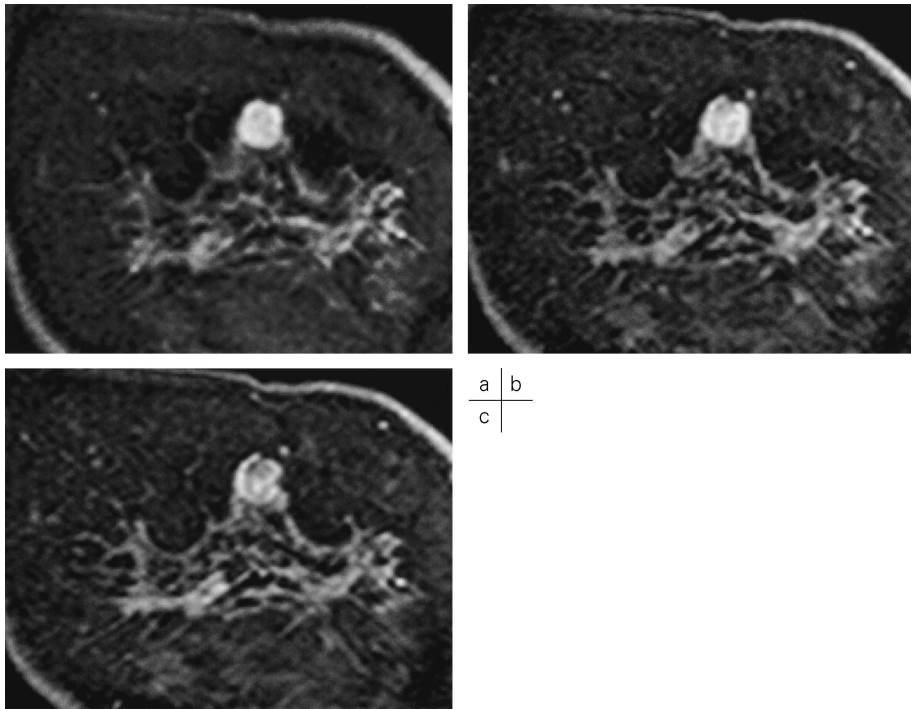


Fig. 1. A 58-year-old woman with breast cancer  
Coronal, dynamic 3D-VIBE obtained (a) 30 s after, (b) 70 s after, and (c) 5 min after intravenous injection of contrast material demonstrates focal enhanced mass. Strong degree of enhancement (a) (b), and heterogeneous washout pattern (c) are identified in mass.

を開始した (Fig. 1). 後半の症例は, 造影剤注入後 30 秒後の代わりに, echo-planar imaging (EPI) を用いた  $T_2^*$ 強調 first-pass perfusion MRI (以下, perfusion MRI) を施行した.

Perfusion MRI は, single shot EPI を用い echo space 1.1 ms, TE 61 ms, フリップ角  $70^\circ$ , バンド幅 1028 Hz/pixel, FOV 245 mm, マトリックス  $128 \times 128$ , スライス厚 5 mm で患側乳房全体をカバーできるように約 12 スライスの横断像を設定した. 造影剤注入直前から撮像を開始し, 約 2 秒間隔で 60 秒間連続撮像を施行した.

造影剤注入後 30 秒後と perfusion MRI は, 病変の質的診断を目的に撮像していること, また症例数が少ないことから本検討から除外した.

### 評価方法

乳癌の広がり診断の評価には dynamic 3D-VIBE 70 秒後 (早期相) を用いた. 撮像方向は冠状断を使用し, 横断像および矢状断像の多断面再構成 (multiplanar reconstruction, 以下, MPR) 像を作成して, 水平方向の広がりを評価した (Fig. 2). MRI 所見は, マンモグラ

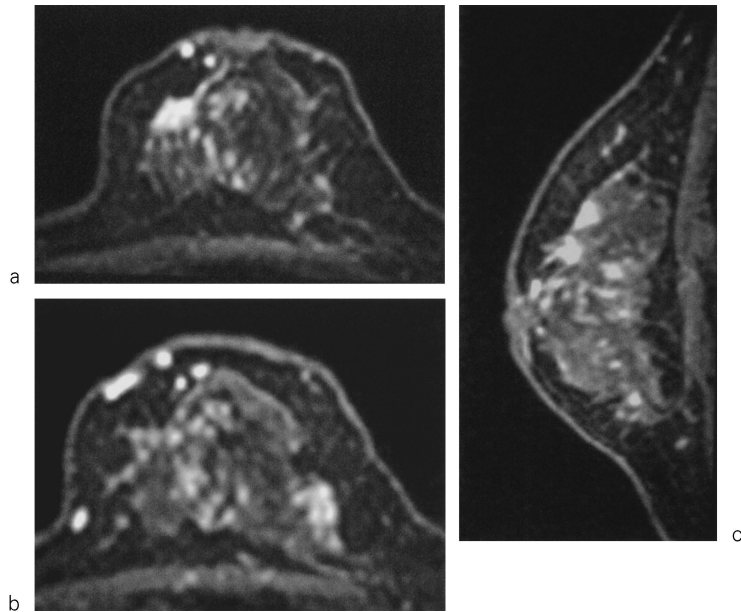


Fig. 2. A 52-year-old woman with breast cancer (widespread invasive lobular carcinoma)

(a) Axial MPR image obtained 70 s after intravenous injection of contrast material reveals linear and spotty enhancements extending from main tumor.

(b), (c) Axial and sagittal MPR images reveal spotty and multiple nodular enhancements. Spotty and multiple nodular enhancements are considered to be intraductal components and daughter lesions.

フィ、超音波検査所見をふまえた2名の放射線科医の合意のもとに決定し、異常濃染域と判定した部位を病変の範囲とした。濃染腫瘤周囲の、線状又は点状の濃染域を乳管内進展巣と判定し、濃染腫瘤から明らかに離れた孤立濃染域を娘結節や多発癌と判定した。

病理組織学的な乳癌の広がりには、マッピングされた病理標本のカラーコピーを参考にした。検体の切出し方向は、乳房温存症例では乳頭と腫瘍を結ぶ線に垂直方向であり、乳房切除症例では体軸に平行な矢状断方向である。切出しは、乳房温存症例では約5 mm 間隔で全割を行っているが、乳房切除症例では10 mm から15 mm 間隔である。

乳房温存手術での切除範囲の決定には、病変

の水平方向の広がりが必要となる。したがって、病理組織とMRI とにおける水平方向の広がり相異を計測し、1) 10 mm 以内、2) 11 ~19 mm、3) 20 mm 以上に分類して検討した。

## 結 果

乳癌症例30例中14例で乳房温存術が行われ、16例で乳房切除術が行われた。乳房温存症例14例中、断端陽性例は認めなかった。

主腫瘍辺縁から10 mm 以上の乳管内進展巣をもつ乳癌は12例存在した。乳管内進展巣の描出能は、sensitivity 91.7% (11/12), specificity 100% (20/20), accuracy 96.9% (31/32)であった。また、画像と病理組織との広がり相

Table. Accuracy of Demonstrating Tumor Extent

n	correct		false negative		false positive	
	≤10 mm	11-19 mm	≥20 mm	11-19 mm	≥20 mm	
32	29(90.6%)	1(3.1%)	1(3.1%)	0	1(3.1%)	

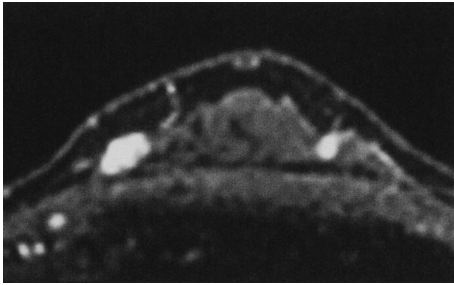


Fig. 3. A 55-year-old woman with breast cancer and fibrocystic disease  
Axial MPR image obtained 70 s after intravenous injection of contrast material shows focal enhanced mass and small nodular enhancement. Small nodular enhancement is considered to be adenosis.

異を Table に示す。乳癌の広がり診断能は、10 mm 以内の相異で accuracy 90.6% (29/32)、20 mm 以内の相異で accuracy 93.8% (30/32) であった。11 mm 以上の偽陰性症例 2 例は、微小な乳管内進展巣が散在性に認められる症例であった。偽陽性症例 1 例は、孤立性の乳癌から乳頭と反対側に濃染した 5 mm 大の結節であった (Fig. 3)。乳房温存術と結節の部分切除を施行し、乳腺症の変化と診断された。

## 考 察

乳腺 MRI の役割は、主に乳癌の広がり診断にある。以前は乳腺腫瘍の質的診断を目的としたダイナミック MRI が主流であったが<sup>4)~6)</sup>、現在では微細な乳管内進展などの描出を目的とした高分解能 MRI が一般的となっている<sup>7)~10)</sup>。5 mm 以下の病変の検出には、3 mm 以下のス

ライス厚で gap less の 3D 法が有用であると報告されている<sup>13)</sup>。時間分解能が犠牲になるものの 3D 法の利点の一つは、撮像後に MPR 像を作成可能な点である<sup>9),10)</sup>。複雑な広がり呈する乳管内進展を立体的に把握するには、MPR などの再構成画像が有用である。

また、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も存在するため、質的診断の可能な撮像法も取り入れる必要がある。乳腺腫瘍の質的診断における最も有用な指標は、腫瘍の形態とダイナミック MRI の造影パターンであることを Kinkel らは報告している<sup>6)</sup>。すなわち、空間分解能に優れた 3D 法を用いて腫瘍の形態と広がり多断面で評価し、さらにダイナミック撮像で腫瘍の造影パターンを評価することが、乳腺領域における理想的撮像法であると考えられる。

3D-VIBE は、3D spoiled gradient-echo 法を基本として、interpolation により高速撮像を可能にした撮像法である。k-space の充填の際に、Z 方向の zero filling により短時間で数多い partition の画像を得ることができる<sup>14)</sup>。腹部領域において一回の息止めで 2 mm スライス厚の 3D ダイナミック撮像が可能であることが報告された<sup>11),12)</sup>。乳腺領域では息止めを必要としないが、これまでの 3D 法ではスライス厚は 2.5 mm から 5 mm の報告が多かった。本検討では、平均 1.2 mm のスライス厚で 3D ダイナミック撮像が可能であり、乳腺領域において有用な撮像法と考えられた。

さらに、乳腺腫瘍の血流をより敏感に反映する perfusion MRI は、T<sub>1</sub>-dynamic MRI よりも乳腺腫瘍の質的診断能が高いことが報告されている<sup>15)~17)</sup>。今回 perfusion MRI は検討から除

外したが、3D-VIBEの優れた時間分解能が、早期相の前に perfusion MRI の撮像を可能にしている。3D-VIBE 早期相のコントラスト決定時間を造影剤注入後1分30秒に設定し、撮像時間を40秒以下にして、造影剤注入70秒後から早期相を撮像した。

今回の結果から、優れた時間、空間分解能をもつ dynamic 3D-VIBE は、乳管内進展巣の描出および乳癌の広がり診断に有用であることが示唆された。微小な乳管内進展巣が散在性に認められる症例では、造影剤の染まりが非常に乏しいか、ないため、MRI では指摘困難であった。また、我々は MRI 検査予約前にコンサルトを受けた症例は、月経開始5から15日に検査を施行するようにしている。非特異的な濃染が月経開始の前後1週間で多くなると報告されているからである<sup>18)</sup>。全例で月経周期に合わせた検査を行っているわけではないが、偽陽性症例が少なかった理由と関連があるかもしれない。また、撮像時間が40秒以内と短いことも関与している可能性がある。

Orel らは、時間分解能と空間分解能の両者の向上が、最も優れた乳腺 MRI プロトコールにつながることを指摘している<sup>13)</sup>。3D-VIBE を用いた高速・高分解能ダイナミック MRI は、乳腺 MRI の理想的撮像法と期待される。今後症例数を重ね、乳癌の広がり診断および乳腺腫瘍の質的診断を検討する必要がある。また近年では、時間分解能、空間分解能に優れる多列検出器型 CT が急速に普及している。質の高い再構成画像が容易に作成可能であり、乳癌の広がり診断に有用と考えられている<sup>19)</sup>。CT は MRI に比べて濃度分解能が劣るものの、両側乳房が撮像可能であり、手術と同様の体位で検査可能であることが大きな利点である。今後、多列検出器型 CT と MRI の診断能の評価、並びに検査の振り分けなどを慎重に検討する必要がある。

## 結 論

Dynamic 3D-VIBE 早期相における乳管内進展巣の描出能、および乳癌の広がり診断能を評価した。

1. 主腫瘍辺縁から 10 mm 以上の乳管内進展巣をもつ乳癌の乳管内進展の描出能は、sensitivity 91.7% (11/12), specificity 100% (20/20), accuracy 96.9% (31/32) であった。
2. 乳癌の広がり診断能は、10 mm 以内の相異で accuracy 90.6% (29/32), 20 mm 以内の相異で accuracy 93.8% (30/32) であった。
3. 今後、乳癌の広がり診断に利用されている多列検出器型 CT との比較検討も必要と考える。

## 文 献

- 1) Harris JR, Connolly JL, Schnitt SJ, et al.: The use of pathologic features in selecting the extent of surgical resection necessary for breast cancer patients treated by primary radiation therapy. *Ann Surg* 1985; 201: 164-169
- 2) Holland R, Connolly JL, Gelman R, et al.: The presence of an extensive intraductal component following a limited excision correlated with prominent residual disease in the remainder of the breast. *J Clin Oncol* 1990; 8: 113-118
- 3) Egan RL: Multicentric breast carcinomas: clinical-radiographic-pathologic whole organ studies and 10-year survival. *Cancer* 1982; 49: 1123-1130
- 4) Boetes C, Barentsz JO, Mus RD, van der Sluis RF, van Erning LJ, Hendriks JH, Holland R, Ruys SH: MR characterization of suspicious breast lesions with a gadolinium-enhanced turbo FLASH subtraction technique. *Radiology* 1994; 193: 777-781
- 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* 1996; 56: 459-469
- 6) Kinkel K, Helbich TH, Esserman LJ, Barclay J, Schwerin EH, Sickles EA, Hylton NM: Dynamic

- high-spatial-resolution MR imaging of suspicious breast lesions : diagnostic criteria and interobserver variability. *AJR* 2000 ; 175 : 35-43
- 7) 平松秀子, 池田 正, 榎本耕治, 向井万起男, 菊池 潔, 古川潤二, 押尾晃一, 北島政樹, 平松京一 : 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* 1997 ; 57 : 182-188
  - 8) 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* 1998 ; 58 : 212-220
  - 9) Pierce WB, Harms SE, Flamig DP, Griffey RH, Evans WP, Hagans JE : Three-dimensional gadolinium-enhanced MR imaging of the breast : pulse sequence with fat suppression and magnetization transfer contrast. *Radiology* 1991 ; 181 : 757-763
  - 10) 白石昭彦, 鈴木 賢, 野津 聡, 鈴木文直, 黒住昌史, 片山 仁 : 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* 1999 ; 59 : 122-130
  - 11) Rofsky NM, Lee VS, Laub G, Pollack MA, Krinsky GA, Thomasson DM, Ambrosino MM, Weinreb JC : Abdominal MR imaging with a volumetric interpolated breath-hold examination. *Radiology* 1999 ; 212 : 876-884
  - 12) Lee VS, Lavelle MT, Rofsky NM, Laub G, Thomasson DM, Krinsky GA, Weinreb JC : Hepatic MR imaging with a dynamic contrast-enhanced isotropic volumetric interpolated breath-hold examination : feasibility, reproducibility, and technical quality. *Radiology* 2000 ; 215 : 365-372
  - 13) Orel SG, Schnall MD : MR imaging of the breast for the detection, diagnosis, and staging of breast cancer. *Radiology* 2001 ; 220 : 13-30
  - 14) 西川数幸, 戸崎光宏, 畠 正真, 稲垣公俊, 岸孝幸, 春原信雄, 中村宣男, 福田国彦 : 3D-VIBE を用いた dynamic MRI の検討. *Digital Medicine* 2001 ; 7, 8 : 43-45
  - 15) Kuhl CK, Bieling H, Gieseke J, Ebel T, Mielcarek P, Far F, Folkers P, Elevelt A, Schild HH : Breast neoplasms : T<sub>2</sub>\*susceptibility-contrast, first-pass perfusion MR imaging. *Radiology* 1997 ; 202 : 87-95
  - 16) 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* 1998 ; 58 : 441-446
  - 17) Kvistad KA, Rydland J, Vainio J, Smethurst HB, Lundgren S, Fjosne HE, Haraldseth O : Breast lesions : evaluation with dynamic contrast-enhanced T<sub>1</sub>-weighted MR imaging and with T<sub>2</sub>\*-weighted first-pass perfusion MR imaging. *Radiology* 2000 ; 216 : 545-553
  - 18) Kuhl CK, Bieling HB, Gieseke J, Kreft BP, Sommer T, Lutterbey G, Schild HH : Healthy premenopausal breast parenchyma in dynamic contrast-enhanced MR imaging of the breast : normal contrast medium enhancement and cyclical-phase dependency. *Radiology* 1997 ; 203 : 137-144
  - 19) 戸崎光宏, 山下晃徳, 河上牧夫, 吉田和彦, 山崎洋次, 福田国彦 : Dynamic Multidetector-row CT による乳癌の拡がり診断—MPR 像と病理切片像との対比—. *日医放会誌* 2000 ; 60 : 560-567

## **Diagnosis of Breast Cancer Extent Using 3D-dynamic MR Imaging with a Volumetric Interpolated Examination**

Mitsuhiro TOZAKI<sup>1</sup>, Yasushi FUKUDA<sup>1</sup>, Kunihiko FUKUDA<sup>1</sup>,  
Makio KAWAKAMI<sup>2</sup>

*<sup>1</sup>Department of Radiology, <sup>2</sup>Department of Pathology, The Jikei University School of Medicine  
3-25-8 Nishishimbashi, Minato-ku, Tokyo 105-8461*

The objective of our study was to evaluate the diagnostic value of dynamic contrast-enhanced MR imaging with a three-dimensional (3D) volumetric interpolated examination in the detection of breast cancer extent. MR imaging was performed on 30 patients with breast carcinomas. In 2 of the patients there were 2 carcinomas in the same breast. Deviation from the histological tumor extent was assessed.

With 3D-dynamic MR imaging, the sensitivity and specificity of the detection of the intraductal component was 91.7% (11/12) and 100% (20/20). The accuracy for the detection of tumor extension with a deviation of less than 2 cm in length was 93.8% (30/32). In conclusion, 3D-dynamic contrast-enhanced MR imaging with a volumetric interpolated examination provided both high-spatial and high-temporal resolution images of the breast. It is also thought to be a promising method for detecting the local extension of breast cancer.