

技 術

当院における乳腺 MRI 撮像法の標準化に向けて

真壁 武司* 中村麻名美* 小川 肇**
曾山 武士**

Aiming at the standardization of MR Mammography
in our hospital

Takeshi MAKABE, Manami NAKAMURA, Hajime OGAWA
Takeshi SOYAMA

Key words : Magnetic Resonance Imaging (MRI) — Breast cancer
— diagnosis — MR Mammography

はじめに

近年、乳癌検診の普及により外来で X 線マンモグラフィ (MMG) や超音波検査 (US) を行うことにより比較的早期の乳癌が発見され必要とされる場合は、マンモトーム生検に代表されるような吸引針生検が直ちに行われ高い組織診断が行われるようになってきている。¹⁾ その中であって MRI 検査は、病理学的に診断された乳癌に対して治療法の選択や乳腺内の広がり診断の評価などの目的で行われている。また、アメリカでは 2007 年に American cancer society が乳癌のハイリスク患者に対して MMG に MRI を加えたスクリーニングを推奨し、2008 年には American college of Radiology (ACR) が標準的な撮像法や診断レポートに関する指針を示している²⁾。ヨーロッパにおいても The European Society of Breast Imaging (EUSOBI) が 2008 年にガイドライン³⁾を提供している。日本においてはまだ統一したものはないものの各学会から標準的な撮像法の指針が出たり、政府からも環境整備のため MR Mammography (MRM) 専用コイルを導入する施設には助成金が出るという期間を設けたりと推進事業としても行われている。

そこで、今回我々は当院の装置に適合した撮像法を各方面で提唱されている中から選定し、できるだけ患者負担を低減し標準化することを試みた。

当院における MR Mammography の経緯

2004 年 4 月に MR 装置の入れ替えと共に MRM 専用コイルを導入した。導入当初は、検側 (片側) のみ検査を行い単純撮像と共に造影ダイナミック検査、遅延撮像とすべての撮像で矢状断面を基準に施行し評価していた。その後、フィルムレス化を経てダイナミック検査に関しては両側同時検査に変更、更にダイナミック検査については時間分解能重視から空間分解能を重視する方法に変更しつつ、最近では単純定性画像についても両側を基本的に検査を行っている。また、検査件数は、Fig. 1 に示すように年間平均 50 例程度に留まっていたが 2008 年乳腺外科開設とともに倍増した。

方 法

これまでに MRM 撮像法についてガイドラインとして示されている EUSOBI の指針³⁾と日本磁気共鳴医学会に

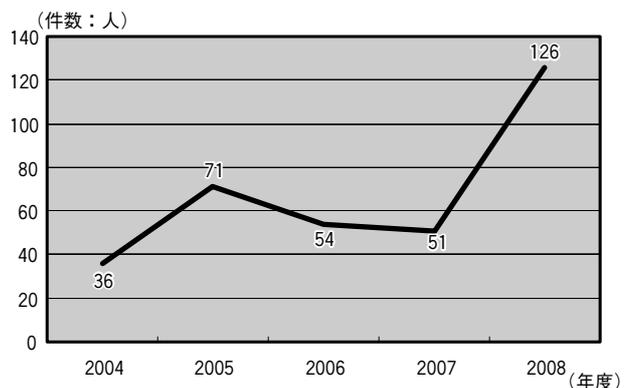


Fig. 1 当院における乳腺 MRI 検査の推移

*市立函館病院 中央放射線部

**市立函館病院 放射線科

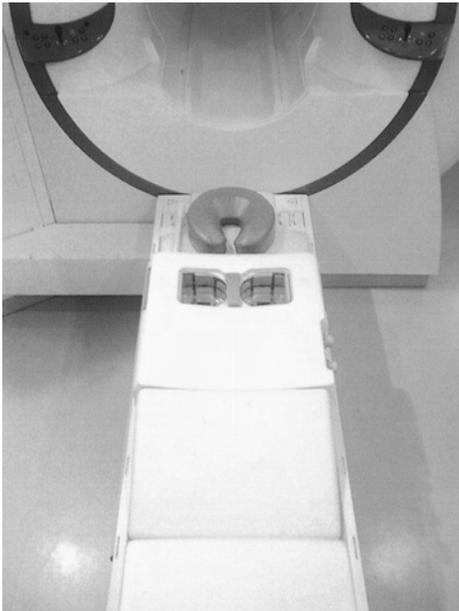


Fig. 2 乳腺 MRI 検査専用コイルの概観

おける研究プロジェクト「ルーチン MRI の撮像法の標準化検討」の報告による乳腺⁴⁾、および画像診断法として ACR より出版されている Breast Imaging Reporting and Date System (BI-RADS)-Mammography²⁾に対応できるように当院の装置、コイルの状況を踏まえ文献的考察を含め撮像法を決定する。使用装置は、MAGNETOM Symphony Maestro class 1.5T (SIEMENS)、使用コイルは CP マンモアレイルコイルである。MRM コイルは、Fig. 2 に示すように 2 個のコイルを組み合わせて両側乳房が腹臥位で溝に収まるような形状になっている。また、乳腺 MRI は、基本的に造影検査⁵⁾であり全例ガドリドールあるいはガドペンテト酸ジメグルミンを体重 1 kg あたり 0.2ml の容量で自動注入器を用いて 1.5ml/sec で静脈内注射し生理食塩水 30ml を造影剤と同じ速度で後押した。

結 果

MRM 検査は、造影検査が基本であり体位としては腹臥位をとる。また、当院において乳腺 MRI に求められる画像を短時間で得られるように以下の撮像シーケンスを

順番に撮像することにした。また、詳細な撮像条件は Table. 1 に示す。

1. 位置決め撮像 (3 方向) 12秒
2. 両側脂肪抑制 T2 強調画像 (STIR) 4 分11秒
3. 両側拡散強調画像 (EPI-DWI) 1 分59秒
4. 両側造影ダイナミック検査 (脂肪抑制 T1 強調画像) pre59秒 + Dynamic59秒 × 3 回 4 分16秒
5. 検側脂肪抑制 T1 強調画像 (矢状断高精細画像) 1 分47秒
6. 両側脂肪抑制 T1 強調画像 (4 と同じ, 遅延画像) 59秒

この他、4 において造影剤が到達する前の画像とその後の画像をサブトラクションし元画像に関しては造影効果が観察しやすいようにした。また、ダイナミック検査の造影ピーク画像については最大輝度投影 (MIP) 処理による血管系の描出、多断面再構成法 (MPR) による冠状断画像も出力した。以上、画像処理時間を除くと純粋な撮像時間合計は 13 分 24 秒であった。しかし、途中で患者への声かけや様子を見る時間も含めると 18 分程度腹臥位の状態で検査が終了することになるが検査のためのルート確保や着替え、後始末を含めると入室から退室まで 30 分検査となった。

それぞれの代表的な定性画像を Fig. 3 に示す。また、ダイナミック検査における撮像タイミングチャートを Fig. 4 に、それに基づき撮像された画像を MIP 処理し時間順に Fig. 5 に示す。更にダイナミックピークにおける処理画像を Fig. 6 に示す。代表例にて作成したダイナミックカーブを Fig. 6 に、BI-RADS によるダイナミックカーブの定義について Fig. 7 に示す。

考 察

近年、MRI 検査の技術革新はめざましく高速撮像法や新しいパラメータの出現などにより様々な画像が得られ診断医にとっては情報が増え診断能向上につながると思われる。しかし、一方で読影枚数の増加にもつながり膨大な画像の中から微小な病変について読影することはストレスや見逃しにもなるため撮像の最適化を行う必要がある。また、日常検査枠の中ですべての画像を得ること

Table.1 撮像シーケンス一覧

Sequence	TR/TE/TI	FA	FOV(mm)	matrix	thickness	NEX	time	PAT
FLASH	20/5	40	400	128*256	10	1	0:12	0
STIR	4800/91/170	160	320	243*256	3	1	4:11	0
DWI	5100/75/170	180	350	101*128	6	5	1:59	2
VIBE (Dynamic)	4.33/1.5	15	320	388*512 (voxel 0.9×0.6×1.2)	1.2	1	5:12	0
VIBE (sagittal)	6.19/2.57	15	180	288*320 (voxel 0.6×0.6×1.0)	1.0	1	1:47	0

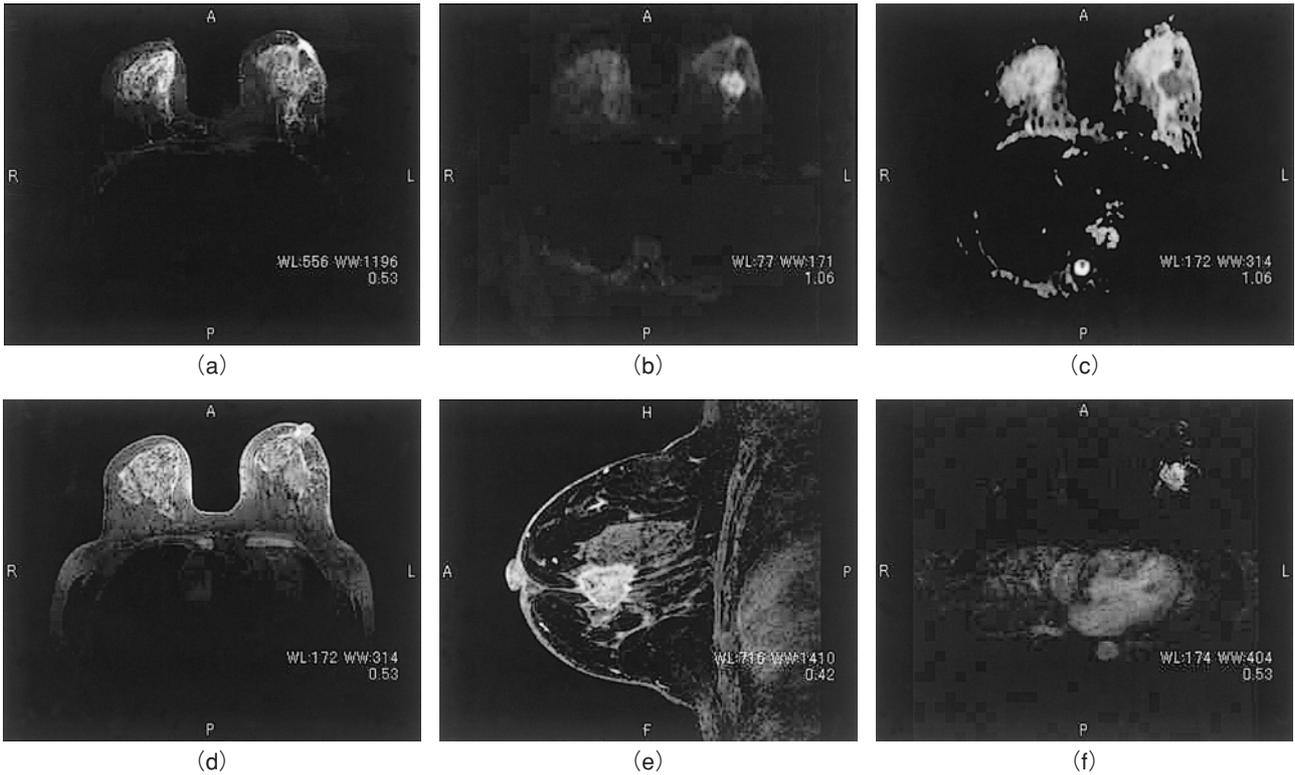


Fig. 3 代表的な乳がん症例

(a)両側脂肪抑制 T2強調画像 (STIR) (b)拡散強調画像 (b=1000) (c)apparent diffusion coefficient (ADC) 画像
 (d)両側造影ダイナミック検査 (脂肪抑制 T1強調画像) におけるプレ画像 (e)検側脂肪抑制 T1強調画像 (矢状断高精細画像)
 (f)両側造影ダイナミック検査 (脂肪抑制 T1強調画像) におけるサブトラクション画像

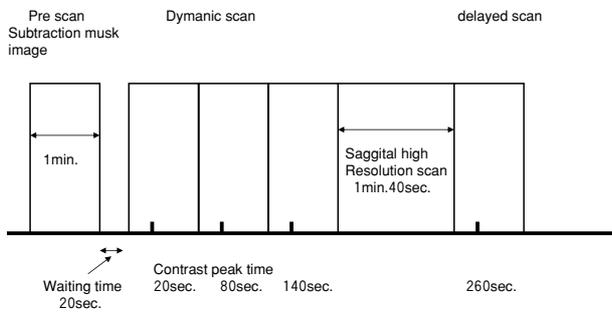


Fig. 4 撮像タイミングチャート

も現状では厳しい状況にあるため、いかに患者負担を減らし短時間で効率よく検査を行うかが今回の目的であり、これにより撮像方法から読影法まで標準化できれば今後のフォローにも有用で検査者や読影者が変わっても対応できる。以下、選択したシーケンスについてそれぞれ考察を加える。

○脂肪抑制 T2強調画像

この撮像法の目的は、のう胞性疾患の診断⁶⁾、悪性疾患の皮膚浸潤に伴う浮腫性病変の診断、拡張した乳腺、乳管の描出である。のう胞性疾患においては他のシーケンスとの対比が重要であるが T2強調画像の信号強度の変化により、のう胞内の内容物の性状、充実部の評価を行

うことが求められる。また、脂肪抑制法⁷⁾は付加パルスとして乳腺 MRIには欠かせない技術であるが、乳房が体表面から突出しており乳房そのものと胸郭に脂肪抑制効果を十分に与えるには技術的に難しいところでもある。脂肪抑制法は、CHESS 法や STIR 法⁷⁾などあるが今回、我々は空間の変化が大きく抑制効果が十分に得られないことも考えられるため比較的範囲が広くても均等に脂肪抑制効果が期待できる STIR 法を採用した。但し STIR 法は、脂肪抑制効果の均一性は期待できるが撮像時間が延長するという欠点もあり、今回設定した条件でも 3 mm 厚で 30 スライス の画像を得るために 4 分 11 秒かかった。この時間ではほぼ全例両側乳房を横断像でカバーできているが範囲が広がる場合は適宜拡大し、その分撮像時間も延長する。

○拡散強調画像 (DWI)

乳腺領域における DWI は、脂肪抑制効果と同様に susceptibility (磁化率) アーチファクト⁸⁾に起因する歪みなどがあり画質にはまだ問題が残ると思われる。更に空間分解能としても低く、情報としては高い組織分解能と apparent diffusion coefficient (ADC) 測定にあると思われる。乳がん と正常組織の拡散には有意差があるとすでに多くの報告^{9),10)}があり、高い組織分解能による

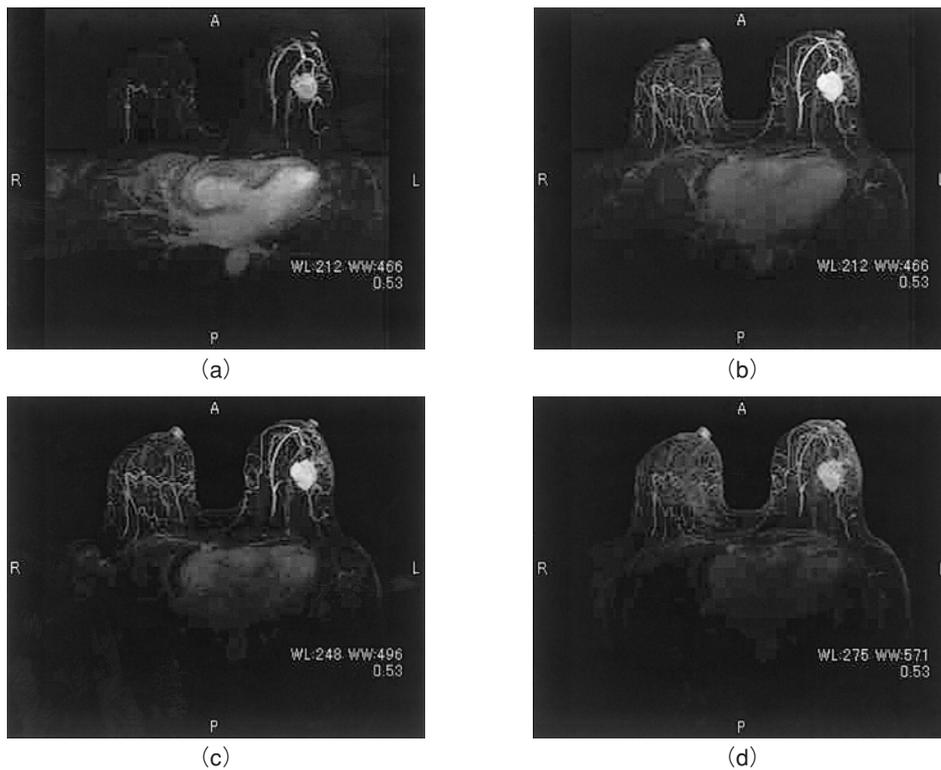


Fig. 5 両側造影ダイナミック検査における MIP 画像による時間経過
(a)20秒 (b)80秒 (c)140秒 (d)260秒

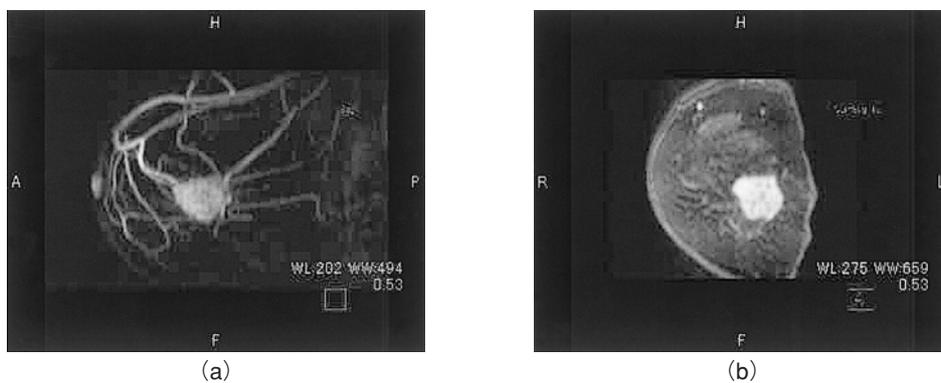


Fig. 6 ダイナミックピークにおける処理画像
(a) MIP 処理による血管系と腫瘍の描出 (b) MPR による冠状断再構成画像

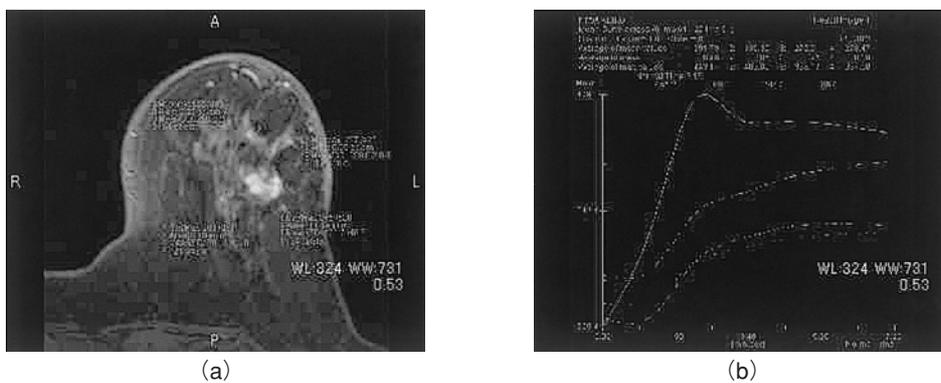


Fig. 7 造影ダイナミック検査における各組織の時間信号変化曲線
(a)測定した組織の位置 (b)ダイナミックカーブ

sensitivity による確実な拾い上げをめざし、このシーケンスを撮像することにした。また、検出中に多数の病変が存在する場合や対側乳がんの見落とし防止にも有用性があると考えられる。

○造影 Dynamic 検査

ガドリニウム性造影剤を用いた Dynamic 検査は、病変部（癌）と正常乳腺との血流動態の違いを利用するもので乳腺 MRI 検査の根幹を成す検査と位置づけられる。癌は造影で高信号に描出されるため乳房のように脂肪組織の多い部位では、他シーケンスと同様に脂肪抑制法の併用が必要となる。また、前述したように乳房全体の脂肪抑制効果の安定性にも不安が残るので出力画像は subtraction を行うことにした。この他、考慮した点として乳房のように対称性のある臓器は対側と比較することが診断の基本であると考え両側撮像を採用した。

技術的には volume interpolated breath-hold examination (VIBE)¹¹⁾ という腹部において息止め可能な時間で高分解能な 3 次元 T1 強調画像を得るために開発されたシーケンスを用いた。このシーケンスの乳腺への応用は、すでに報告^{12),13)} があり 1 分程度の時間で 0.8mm × 0.8mm × 1 mm の画像が得られることとコントラストピークを得るための時間を制御できるため効率のよい造影タイミングの取得も可能である。また、3 次元データ収集であるため後処理による画像再構成も可能であり有用性が高いシーケンスであると思われる。

撮像のタイミングについては Fig. 4 に示しているが、BI-RADS-MRI における Dynamic カーブの定義 (Fig. 8) に基づきそれぞれコントラストピーク位置のデータを収集する時間の位置が立ち上がりの時間である 20 秒、早期濃染を捉える時間として 80 秒、wash out を捉える時間として 140 秒、後期造影相として 260 秒 (4 分 20 秒) 後を選択した。Dynamic カーブの変化を捉えるには立ち上がり、ピーク、後期造影相の 3 点があればパターン化でき BI-RADS-MRI においても診断基準として定義しているが我々はより正確に後期造影パターンを捉えるために

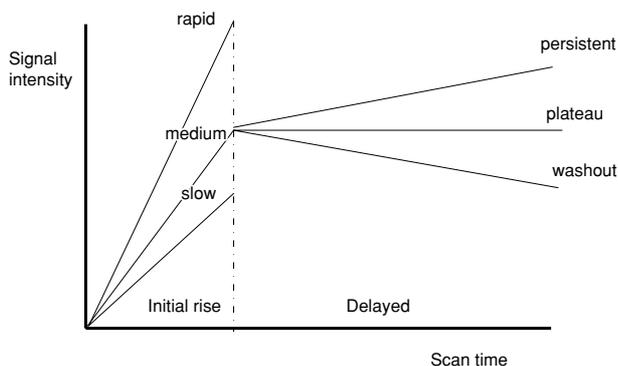


Fig. 8 BI-RADS によるダイナミックカーブの定義

4 分以上待つことにした。また、画像に関しては癌の広がり診断も重要であると考え 1 相当たり 1 分と Dynamic 検査としては時間をかけて空間分解能を優先させている。更に、後期相を待つ間に検出の高分解能矢状断画像を得ることで詳細情報を追加することにした。

Dynamic 検査の高分解能化は、一断面による診断のみならず画像再構成による多断面観察を可能にしている。今回、我々は得られた元画像から早期濃染像における MIP 処理を行うことで血管と癌の関係を描出することと画像を冠状断に再構成することで正面から癌へ到達するための位置把握に役立てる情報を取得している。これにより診断だけではなく外科的な処置をとる場合の支援画像も同時に得られる。

以上、それぞれのシーケンスについて目的とするところをあげたが乳腺 MRI に求められることは目的により変化するため良悪性の鑑別と広がり診断が同時に行えるような撮像プログラムとした。今後はこの方法で実績を積み重ね他検査との結果を合わせ、より精度を上げるための改善を行っていくことが求められる。

ま と め

乳腺 MRI 撮像方法について近年の文献的考察を踏まえ、装置性能や検査目的にあった方法を考え最適化を行った。これにより比較的短い時間で検査が済み患者負担を軽減することができた。また、撮像法を最適化することで診断法の標準化にもつながった。今後は、この方法により症例を積み重ねエビデンスが得られるような検査方法として行くことが求められる。

文 献

- 1) 中村麻名美, 瀧 亜矢, 山田佐智恵ほか: 乳腺微細石灰化に対するステレオガイド下マンモトーム生検. 函医誌, 2007; 31(1): 31-35.
- 2) American College of Radiology: Breast imaging reporting and date system. BI-RADS (Resten VA ed), 4th ed, American College of Radiology, 2003.
- 3) R. M. Mann, C. K. Kuhl, K. Kinkel, et al: Breast MRI: guideline from the European Society of Breast Imaging. On behalf of EUSOBI Committee, 2008 (<http://www.eusobi.org>).
- 4) 山下康行: 日本磁気共鳴医学会研究プロジェクト「ルーチン MRI 撮像法の標準化検討」成果報告 (第 1 報: 脊椎・脊髄, 乳腺). 日磁医誌, 2008; 28(3): 196-209.
- 5) 川島博子: 正常乳腺の造影 MRI, 手にとるようにわかる乳腺 MRI, 株式会社バクトル・コア, 東京, 2004, 16-29.

- 6) 磯本一郎, 興石 剛, 沖本智昭ほか: 脂肪抑制 T2 強調画像における乳腺腫瘤内に見られる著明な高信号域について—その分類と病理組織学的背景因子の検討—. 日本医放会誌, 2004; 64: 99-106.
- 7) 錦 成郎: パルスシーケンス (付加パルスの目的とそれによる MR 信号の変化), 松本満臣, 土井 司編, 考える MRI 撮像技術, 文光社, 東京, 2007, 19-24.
- 8) 宮地利明: 磁化率アーチファクト, 笠井俊文, 土井 司編, 放射線技術学シリーズ MR 撮像技術学, 株式会社オーム社, 東京, 2001, 255-256.
- 9) 黒木嘉典, 那須克宏, 縄野 繁ほか: 乳腺 MRI の撮像法. 日磁医誌, 2006; 26(1): 10-18.
- 10) 井上快児, 水越和歌, 小沢栄人ほか: 乳腺腫瘍良悪性診断における GRAPPA 法併用拡散強調画像での ADC 測定の有用性の検討. 映像情報 (M), 2007; 39(10): 936-939.
- 11) Neil M. Rofsky, Vivian S. Lee, Gerhard Laub, et al. Abdominal MR Imaging with a Volumetric Interpolated Breath-hold Examination. Radiology 1999; 212(3): 876-884.
- 12) 打越将人, 植田隆史, 錦 成郎ほか: 乳腺 Dynamic MRI における 3D-VIBE 法の有用性—撮像パラメータと造影効果—. 日放技学誌, 2003; 59: 759-764.
- 13) 中村麻名美, 真壁武司: 乳腺 Dynamic study における撮像シーケンスの検討. 日放技会誌, 2008; 55: 847.