

乳腺 MRI の撮像法

黒木 嘉典, 那須 克宏, 縄野 繁, 関口 隆三

国立がんセンター東病院放射線診断部

乳腺 MRI の臨床的意義

近年, 比較的早期の乳癌に対する乳房温存療法の重要性は確立しており¹⁾, さらに従来では適応が難しいとされていた進行した乳癌に対しても術前化学療法を併用することで乳房温存療法の適応拡大が試みられている²⁾. 一方で乳腺は表在臓器であり, 比較的容易に生検し診断することが可能である. 現在ではマンモトームに代表される連続吸引針生検が開発・普及してきており, その高い組織診断能は周知のことである³⁾. したがって, 臨床側から MRI に求める役割は腫瘍の質的診断から術式決定の目安となる癌の広がり診断へと推移してきている.

また, MRI の特徴として多様性が挙げられる. 今までにも様々な撮像法が提唱されており, たとえ本質は同じものでもメーカー間でその呼称やユーザーが設定できる撮像パラメータが異なり, 少なからず現場の混乱を生じている. 本稿ではこのような背景のなかで, ルーチン乳腺 MRI の撮像法について, 我々が通常使用している Philips Gyroscan Intera 1.5T を例にとって概略的に論じてゆきたい.

乳腺 MRI に適した MRI 装置

MRI 装置については乳癌の進展度診断が前提となるために, 優れた組織分解能・時間分解能に加えて高い空間分解能が求められる. したがって, 高磁場装置であることが必要であり, 今後は 1.5 テスラの装置が標準となるであろう.

使用コイルはいわゆるボディコイルでは性能が不十分であり, 乳腺専用 coil の使用が望ましい. ただし, これは汎用の表面 coil でもある程度の代用は可能である. 我々は SENSE を使う必要があるために体部用フェイズドアレイコイルを用いている (Fig. 1). 撮像体位は腹臥位が基本となる. 手術時は背臥位であり, 検査時の体位と異なるために乳房の形態の相違により癌の広がりを把握しにくい欠点はあるが, 腹臥位にすることで乳房が下垂・進展し評価のしやすい画像を得ることができる. また, 現在の装置での背臥位撮像は呼吸による artifact の問題が大きくこれを回避するには呼吸停止下撮像が必要であり画質の面から現実的ではない. 基本となる撮像方向はそれぞれの施設の現状に合わせて決定する必要がある. これは外科医や病理医との合意に基づき, 病理標本の断面と同一方向にするのが望ましい.

最近では MRI ガイド下の IVR が乳腺領域で

この総説は, 第 32 回日本磁気共鳴医学会大会カテゴリカルコース「乳腺」での講演を中心にまとめたものである.

キーワード MRI, breast cancer, diagnosis, diffusion-weighted imaging, balanced TFE

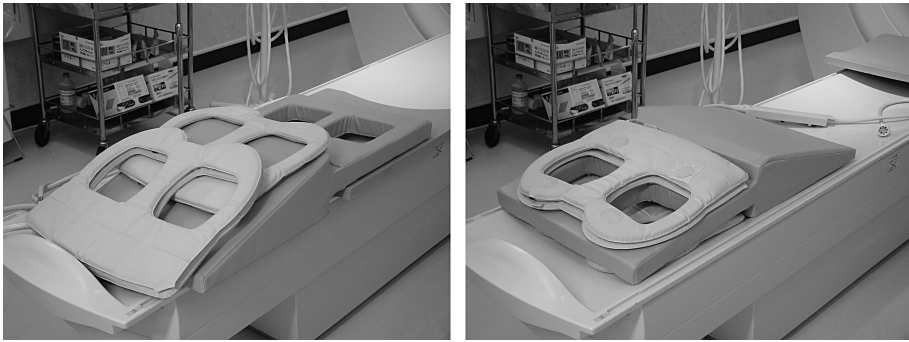


Fig. 1. Phased array coil for abdomen

Table. A protocol for MR Mammography

Sequence	FOV	Mtrx	Thk/gap	TR/TE	NEX	Time	SENSE
STIR	320	512/256	5/0	4100/60	3	3'41"	1.5
FS-DWI	320	256/101	5/0	4000/75	1	0'39"	2
Gd-Dynamic study (pre/30" delay after injection)							
FFE	320	512/307	5/0	250/short	1	0'60"	1.3
FS-T ₁ TSE (180" delay after injection)	320	512/256	5/0	550/11	2	2'36"	1.5
FS-B-TFE	220	256/256	1/3 D	Short/2.1	2	3'35"	2

Fat suppresion technique : SPIR

も行われつつあるが^{4),5)}, この場合はオープンタイプの MRI が有用である. MRI ガイド下の IVR はまだ限られた施設での施行であり, 今後の発展が期待されている.

乳腺 MRI 必須 sequence

最近の MRI における技術革新にはめざましいものがあり, 様々な高速撮像法が開発され臨床に応用されている. MRI は撮像パラメータが多岐にわたり, いろいろな画像が得られるのは診断医にとっては情報が増えるわけであり, 結構なことであるが, 日常臨床においてはすべての画像を撮像することは許されないのが

現実である. 我々の施設では乳腺 MRI の検査時間を患者の入・退室を含め 20 分前後と考え, 撮像プランを組み立てている. Table に現在の撮像プランの詳細を提示する. 我々は乳腺 MRI の最低限必須の画像を T₂WI/STIR, Gd-DTPA を用いた dynamic study, MPR/MIP に代表される多方向から観察可能である再構成画像と考えている.

STIR/脂肪抑制 T₂WI

脂肪抑制 T₂WI/STIR の目的は嚢胞性疾患の診断, 癌の皮膚浸潤に伴う浮腫の描出, 拡張乳管の描出にある. また, 後述する拡散強調画像

2005 年 5 月 10 日受理

別刷請求先 〒277-8577 千葉県柏市柏の葉 6-5-1 国立がんセンター東病院放射線診断部 黒木嘉典

とは対をなすものであり今後は特に重要性が増すと思われる。嚢胞性疾患では他の画像所見と合わせて、嚢胞の内容物の性状、嚢胞内充実部の評価を念頭に検査をする必要がある。

乳腺 MRI において脂肪抑制は必須であり、いかに脂肪抑制を利かせるかが撮像のポイントとなる。乳房は体表から突出しており、特に乳房下面では乳房と空気のなす角が比較的鋭角になることから十分な脂肪抑制が掛かりにくいことを経験する。我々は歩留まりの良い検査のために、脂肪抑制 T₂WI のかわりに STIR を撮像している。

Gd-T₁ dynamic study

Gd-DTPA を用いた dynamic study は、他の部位の dynamic study と同様に癌と正常乳腺間の血流動態の違いを利用するもので MRI による乳癌の診断において従来より中心とされてきた画像である。乳癌の描出では周囲正常組織に脂肪が多く含まれるために造影の状態を詳細に評価するには脂肪抑制法の併用は必須となる。脂肪抑制法は CHESSE 法と IR 法に代表される。それぞれ長所、短所があるが、我々は良好な SNR を特徴とする CHESSE 法を選択している。乳房の形態の特異性より脂肪抑制の安定

性に欠けることが多い場合は、subtraction image も選択肢として入ってくる。Subtraction image を作成する場合、最大の問題は体動による画像間の位置ずれであり、これは検査前に患者に根気よく説明することによりかなり失敗を回避することができる。

乳腺のみならず、対称性のある臓器において対側と比較することは診断の基本であり、当然、乳腺 MRI においても両側を撮像する必要がある。最近では癌の広がり診断に重きをおくために時間分解能よりも空間分解能を優先させる傾向があるが、比較的新しい装置であれば、両側乳腺を撮像しても十分な in-plane 分解能を確保することが可能である。

Dynamic study の撮像タイミングについては通常の浸潤癌と周囲組織との造影効果の差は約 60~120 秒後が最大になるとされており⁶⁾、この時間の中心付近で k space の中心を充填していくのが望ましい (Fig. 2)。ただし、非浸潤癌は浸潤癌よりも造影効果がやや遅延していることも知られており、両者のバランスを取りながら至適撮像タイミングを設定する必要がある。我々は、Gd-DTPA 製剤 0.1~0.15 mmol/kg を前腕から 1.5 ml/s で静注・生理食塩水でフラッシュ、造影剤注入 30 秒後より撮像している。この場合、k space の中心は造影剤注入

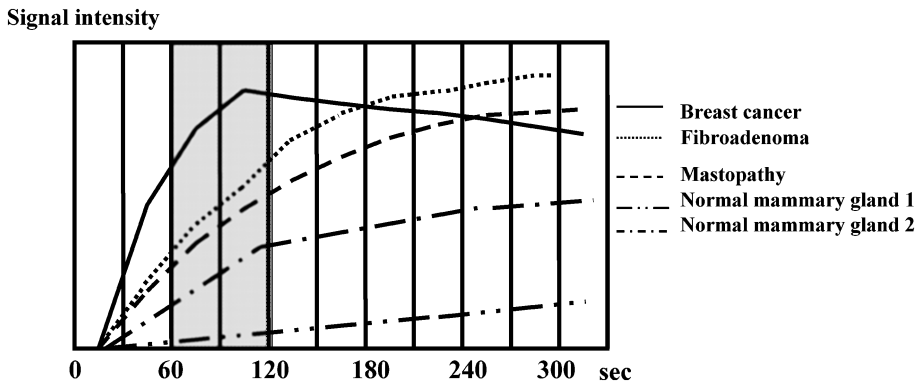


Fig. 2. Dynamic curve of typical breast cancer, fibroadenoma and mastopathy (From ref.6, revised)

から 60 秒後に当たる。時間分解能を優先させ、time-intensity curve を作成し、腫瘍の質的診断に迫るために空間分解能を犠牲にして 1 相の撮像時間を短縮し 4 相以上の多時相撮影をする考え方もあるが、我々は空間分解能を時間分解能よりも優先させている。この場合 1 相の撮像時間は 90~120 秒程度で造影前、造影早期相 (60~120 秒後)、造影後期相 (300 秒前後) の 3 相を撮像すれば十分と考えている (括弧内はコントラスト決定時間)。

として把握することは困難な場合が多い。多方向からの観察の方が癌の広がり容易にかつ正確に把握しやすいのは当然のことである。元来の MRI の特性である多断面断層画像を撮像する方法もあるが、最近では in-plane 分解能と同等のスライス方向分解能を有する isotropic data を基に高精細な multi-planar reconstruction 像 (MPR) を作成することが可能となってきた。MPR の元画像条件としては前述の isotropic data であること、癌と正常乳腺間の良好なコントラストを有することが挙げられる。また、撮像時間は短い方が望ましい。これらの条件を満たす撮像法として MPR を作成するために我々は Gd-DTPA 造影後の 3D-centric

MPR

一方向の断面像を基に癌の広がりを三次元像

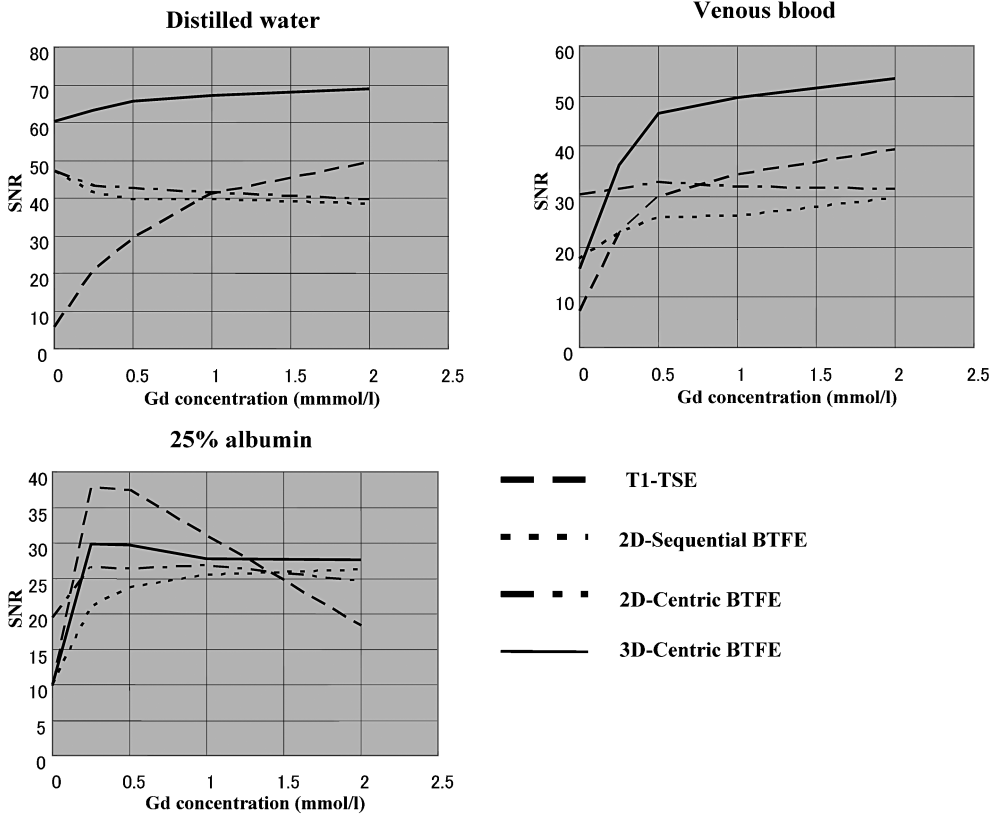


Fig. 3. Correlation between concentration of Gd-DTPA and k-space ordering on BTFE sequence

balanced turbo field echo (3D-centric BTFE) 法を選択している。

BTFE 法についての詳細は正書に譲るが、その特徴として高い SNR, 高速撮像法であること、意外なほどの Gd-DTPA に対する感度が挙げられる。高い SNR を有するために、SENSE をはじめとする parallel imaging technique との相性が良く、small FOV や thin slice にも耐え得る画像を得ることができる。さらに高速撮像であるため限られた時間内に十分な範囲を撮像することが可能である。BTFE 法は収集方法について 2D/3D, k space の充填方法

について centric/sequential の選択肢があり、4 種類の組み合わせが可能となる。ただし、脂肪抑制法のかねあいから実際に選択可能であるのは 2D-centric/sequential BTFE 法と 3D-centric BTFE 法の 3 種類となる。In vitro での T₁-TSE 法とこの 3 種類の BTFE 法における Gd-DTPA との濃度と SNR の関係を Fig. 3 に示す。理由は明らかではないが、静脈血、25 %アルブミン溶液において 3D-centric BTFE 法のみが、T₁-TSE 法と同様の線形性を有しているのが明白である。Fig. 4 および Fig. 5 に 3D-centric BTFE 法による dynamic study の

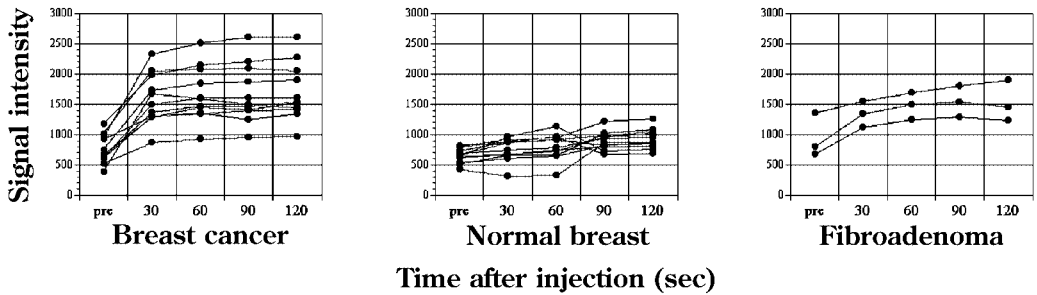


Fig. 4. Dynamic study using 3D-centric BTFE sequence

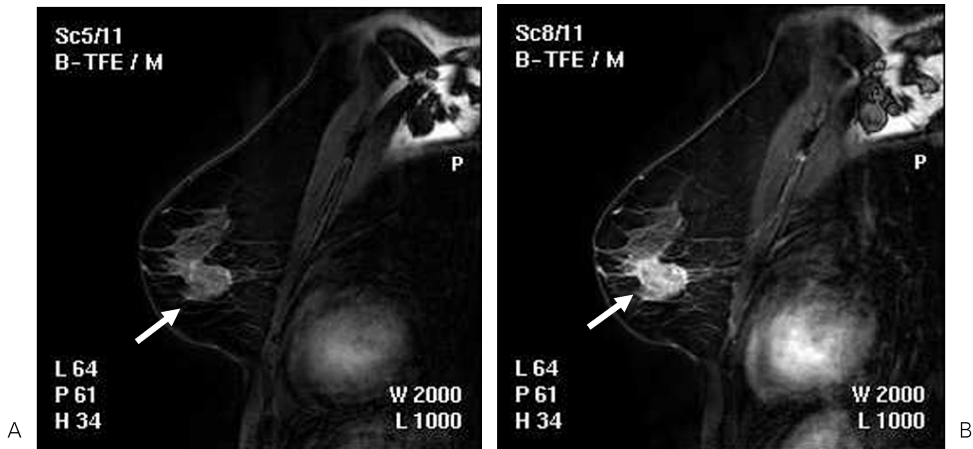


Fig. 5. Contrast enhancement of breast cancer on 3D-centric BTFE
A 69-year-old female with invasive ductal carcinoma. A : Precontrast, B : Postcontrast
Arrow shows breast cancer.

time-intensity curve と症例を提示する．症例は少ないが，我々の経験から 3D-centric BTFE 法における癌の造影効果は乳管内進展成分を含め良好であり，比較的長く持続すると推察される．したがって，isotropic data の取得が可能で撮像時間も許容範囲であり，Gd-DTPA の感度が高い 3D-centric BTFE 法を用いて dynamic study 後に MPR 用の isotropic 画像を撮像することは理にかなっていると言えよう (Fig. 6)．

以上，STIR, Gd-DTPA を用いた dynamic study, 3D-centric BTFE 法による MPR の 3 種類の撮像法が現在我々の施設での乳癌攻略必須アイテムである．前述のごとく MRI は発展途上で装置間の差異が大きいためにそれぞれの撮像法ではその装置の特性に合わせて modify し，至適撮像条件を設定する必要があるのは言うまでもないことである．

SENSE-DWI

最近の臨床 MRI におけるトピックスである体幹部に対する拡散強調画像 (DWI)，ここでは

乳癌における DWI の有用性についてふれておきたい．本稿では DWI の詳細な解説は他所に譲るが，DWI の特徴は非常に高い組織分解能と低い空間分解能である．乳腺領域において今までは susceptibility artifact に起因する画像のゆがみなどの画質の問題があったが，parallel imaging technique と併用することにより十分臨床に耐え得る画像を得ることができるようになった．Fig. 7 に乳癌の DWI の典型例を提示する．浸潤癌のみならず非浸潤癌の描出も良好である．乳癌と正常組織との間で拡散に有意差があると報告されており，DWI は質的診断にも利用できるが，我々はその主たる目的は高い sensitivity を利用した拾い上げ診断と考えている．同側多中心性乳癌や対側乳癌の見落とし防止に有用と考えられる．乳癌の診断において攻略すべき最後の砦は高度の乳腺症である．Fig. 8 に DWI のみで認識が可能であった高度の乳腺症に乳癌を伴った症例を呈示する．現時点で DWI により乳癌と高度の乳腺症との鑑別が完全に可能であるとは言えないが，今後，b factor の最適化や soft/hard 両面の改良によ

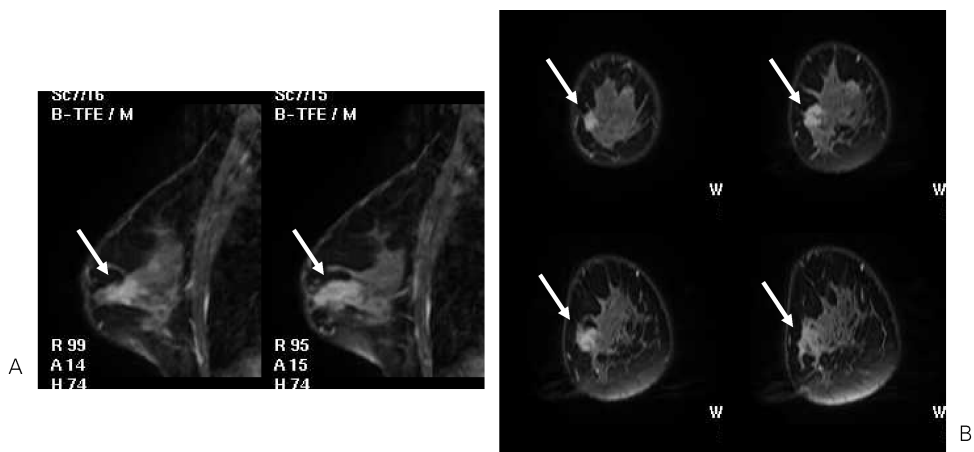


Fig. 6. MPR images using axial data of Gd-Isotropic BTFE sequence
A 42-year-old female. Invasive ductal carcinoma with a intraductal component.
A : Sagittal image, B : Coronal image
Arrow shows breast cancer.

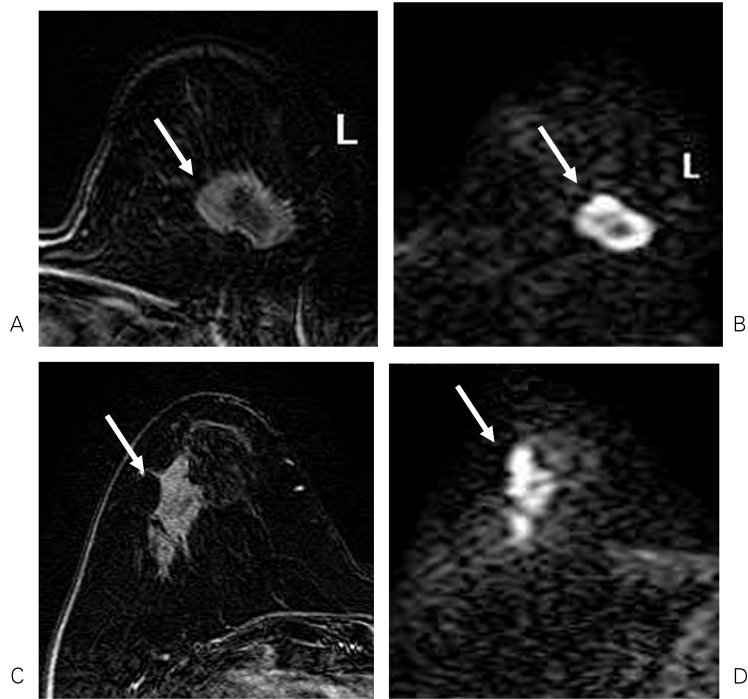


Fig. 7. Breast cancer on DWI (typical case)

A 54-year-old female with invasive ductal carcinoma.

A : Dynamic study (early phase), B : DWI

A 64-year-old female. Invasive ductal carcinoma with a predominant intraductal component

C : Dynamic study (early phase), D : DWI

Arrow shows breast cancer.

り、強力な武器となる可能性を秘めている。

今後の展開

最新のMRIではBTFEに代表される高SNRを確保した上での高空間分解能撮像が可能となっている。特殊なmicro coilを使わずに1mm前後の分解能を得ることが可能であり、これは血流動態に基づく従来からの診断に加え高精度な形態診断が可能となったことを意味する。最近では血流情報よりもむしろ形態情報が広がり診断のみならず、質的診断にも寄与している印象がある。今後は乳癌の診断において多

方向からの形態診断が重要性を増すと思われる。

文 献

- 1) NIH Consensus Conference : Treatment of early-stage breast cancer. JAMA 1991 ; 265 : 391-395
- 2) Fisher B, Bryant J, Wolmark N, et al. : Effect of preoperative chemotherapy on the outcome of women with operable breast cancer. J Clin Oncol 1998 ; 16 : 2672-2685
- 3) Parker SH, Anita J, Klaus AJ, et al. : Performing a breast biopsy with a directional, cacuom-assisted biopsy instrument. Radiographics 1997 ; 17 :

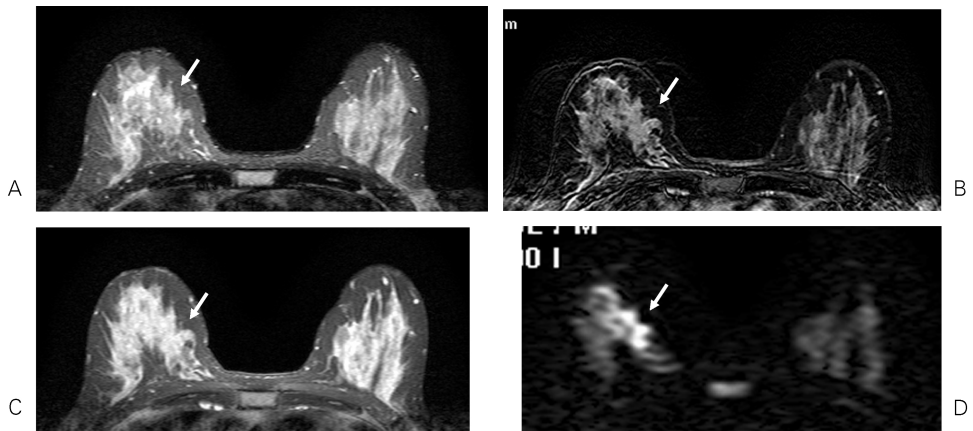


Fig. 8. A case of breast cancer detected only by DWI.

A 48-year-old female. Invasive ductal carcinoma with a predominant intraductal component
A : STIR image, B : Dynamic study (early phase), C : Dynamic study (late phase), D : DWI
Arrow shows breast cancer.

1233-1252

- 4) Gianfelice D, Khiat A, Amara M : MR imaging-guided focused US ablation of breast cancer : histopathologic assessment of effectiveness—initial experience. *Radiology* 2003 ; 227 : 849-855
- 5) Morin J, Traore A, Dionne G : Magnetic resonan-

ce-guided percutaneous cryosurgery of breast carcinoma : technique and early clinical results. *Can J Surg* 2004 ; 47 : 347-351

- 6) 川島博子. 手にとるようにわかる乳腺 MRI. ベクトル・コア, 2004

Current Status of MR Mammography

Yoshifumi KUROKI, Katsuhiko NASU, Shigeru NAWANO,
Ryuzo SEKIGUCHI

*Department of Diagnostic Radiology, National Cancer Center Hospital East
6-5-1 Kashiwanoha, Kashiwa, Chiba 277-8577*

MRI has progressed remarkably in recent years, and the sequences of MR mammography have been changing at the same time. In this review, we describe the strategy and noteworthiness of using the newest 1.5T MRI system. For breast cancer diagnosis, indispensable sequences are T_2 WI (Short Tau Inversion Recovery [STIR]), gadolinium-DTPA (Gd-DTPA) dynamic study, and multi-planar reconstruction images with fat suppression. Though sequence details depend on the balance of special resolution and time resolution, clinical demands should emphasize special resolution and locoregional information of breast cancer including intraductal spread.