

MAGNETOM Flash

The Magazine of MR 翻訳版

SIEMENS

Women's Health

乳房のマルチbファクター
拡散強調画像が果たしうる役割

乳房の¹H MRスペクトロスコピー

Abdomen / Pelvis

女性骨盤部における
syngo BLADEを用いた
T2強調MRイメージングの
臨床的有用性

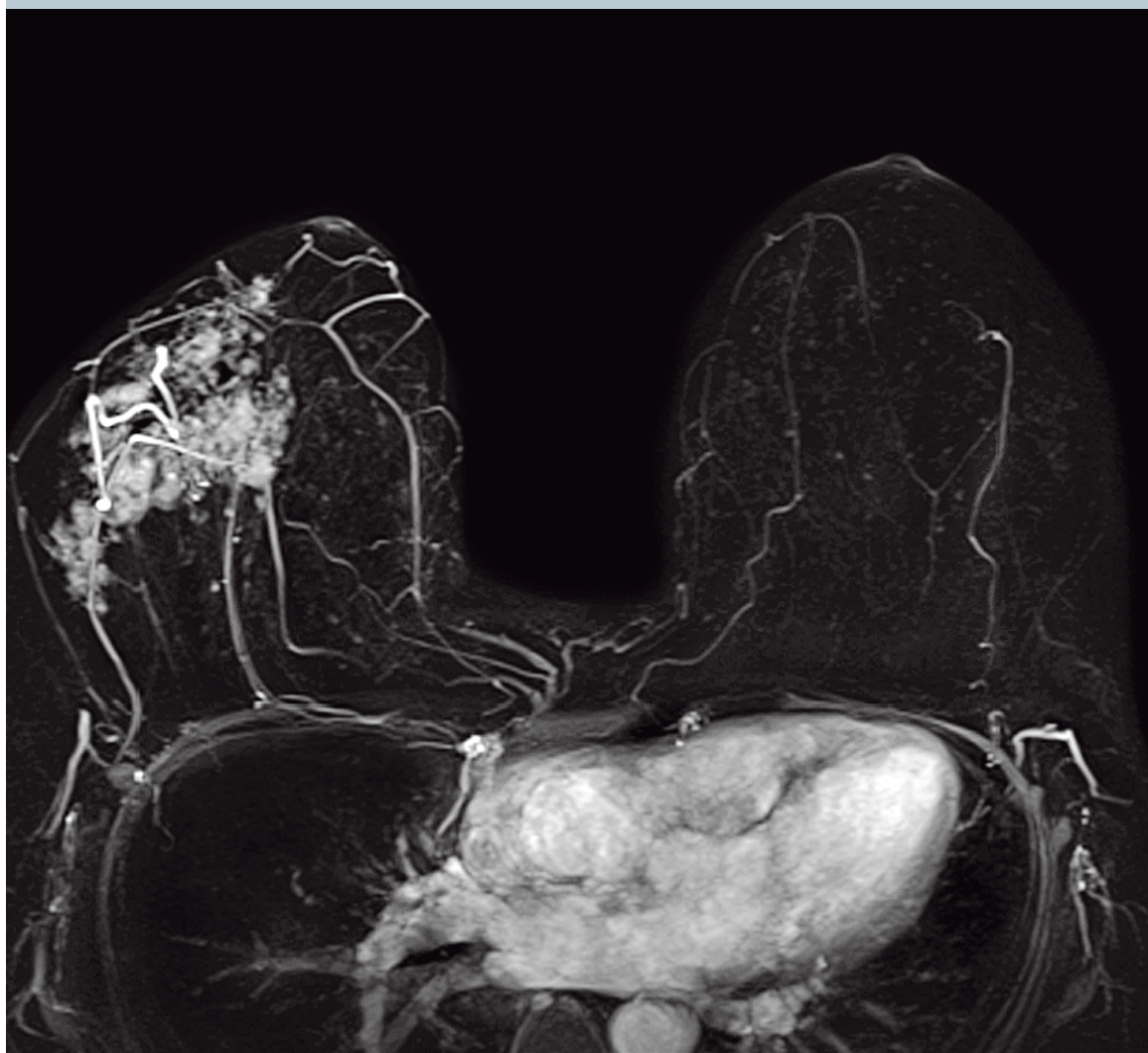
How I do it?

Dynamic VIEWS, InterVIEWS,
RADIANT およびTim:
乳がんイメージングの
高度MRテクニック

乳房MRIにおける
拡散強調イメージング
- 特異度を高める簡単な方法

Neurology

Arterial Spin Labeling (syngo ASL)
名古屋大学における
症例報告



02

Content

Clinical Women's Health

- 3 乳房のマルチbファクター
拡散強調画像が果たしうる役割
- 7 乳房の¹H MRスペクトロスコピー

Clinical Abdomen / Pelvis

- 10 女性骨盤部におけるsyngo BLADEを用いた
T2強調MRイメージングの臨床的有用性

Clinical How I do it?

- 13 Dynamic VIEWS, InterVIEWS,
RADIANT および Tim:
乳がんイメージングの高度MRテクニック
- 21 乳房MRIにおける拡散強調イメージング
- 特異度を高める簡単な方法

Clinical Neurology

- 26 Arterial Spin Labeling (syngo ASL)
名古屋大学における症例報告

乳房のマルチbファクター 拡散強調画像が果たしうる役割

戸崎光宏¹, 丸山克也²

¹ 亀田メディカルセンター 乳腺センター (千葉県)

² シーメンス旭メディテック株式会社 (東京都)

はじめに

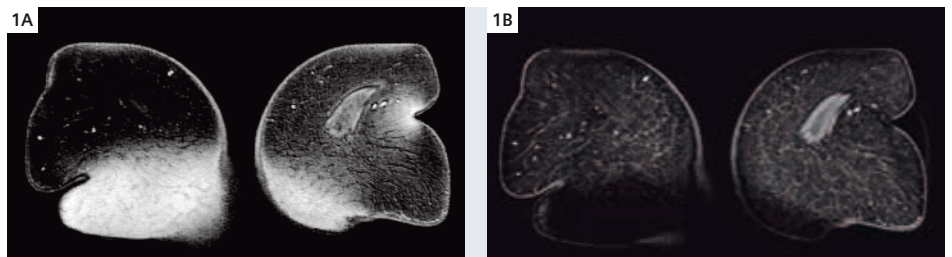
拡散強調画像 (DWI) はコントラスト分解能が非常に高いという特徴を持ち、早期脳梗塞の診断に応用されている。しかし、体幹部の撮像に用いる場合は、磁場の不均一性から強いアーチファクトが生じることがある。しかし、この問題は近年のMRテクノロジーの進歩によってほぼ克服され、臨床応用が可能になった。DWIは全身のあらゆる種類の腫瘍の検出に有望であることが示されている。

乳房のDWIについては、見かけの拡散係数 (ADC) 値が乳房病変の性状診断に役立つことが報告されている。初期の結果では、腫瘍の細胞密度 (cellularity) がADC値に大きな影響を及ぼすことから、乳房病変の良性・悪性の鑑別においてADC値が有効なパラメータになる可能性がある。一方、VIBE (Volumetric Interpolated Breath-hold Examination) シーケンスとiPAT (integrated Parallel Acquisition Techniques) を用いれば、空間分解能が高く等方的なボクセルの画像が得られ、乳房MR検査の質が劇的に向上する (表1および図1, 3)。こうした進歩から、ルーチンの臨床MR検査において乳房のDWIが有用かどうかについては、議論の余地がある。

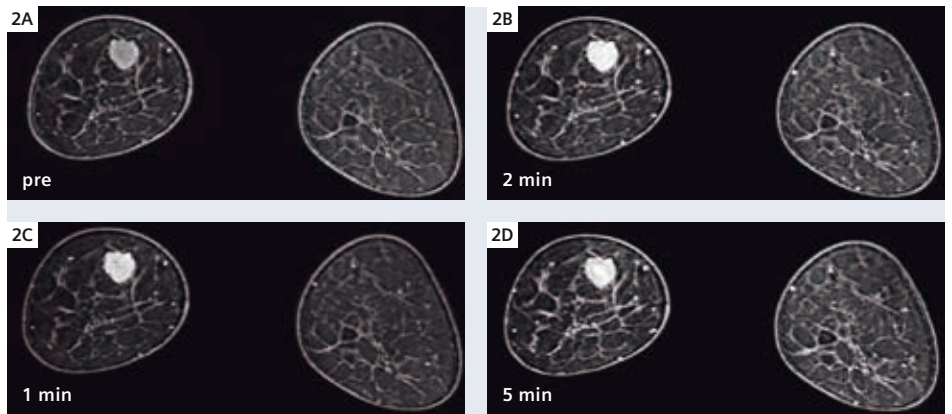
DWIの効果

腫瘍の検出

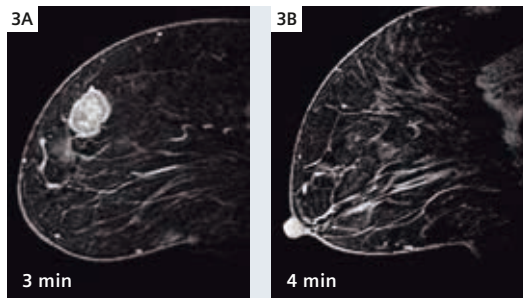
残念ながら、DWIによる乳がん検出の感度および精度が、標準の造影MRIよりも高いというエビデンスはない。実際、小さな乳がんや非浸潤性乳管がん (DCIS) の検出には不十分である。乳がんにおいて、腫瘍血管新生と細胞密度の増加は同時に進行するが、DWIによって細胞密度の増加度を測定



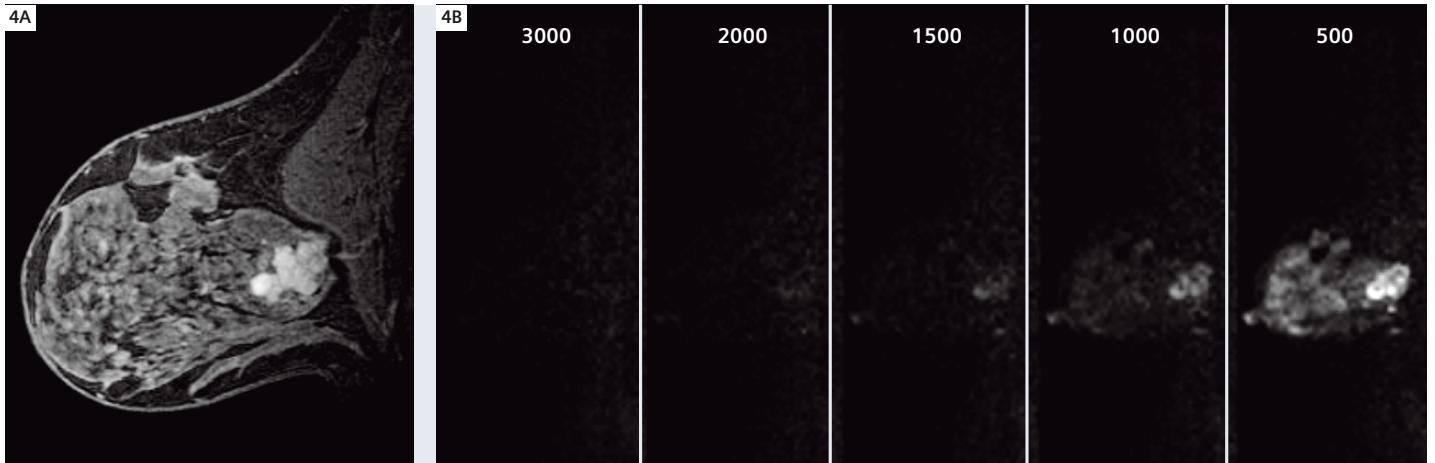
1 VIBEシーケンスとCHES (A) およびSPAIR (B) による脂肪抑制を用いた乳房MRI。SPAIRは周波数選択特性についても最適化を図ったAdiabatic pulseを用いる。そのため、B1不均一の影響を受けにくくなる。



2 VIBEとiPATを用いたダイナミック・プロトコル: 脂肪抑制法 (SPAIR) を用いた高分解能3Dダイナミック撮像、PATファクターは2。コリナラ面での第1、第2、第5相のダイナミック画像で両側の乳房を検査した。



3 図2と同一患者のiPATを用いないVIBEによる高分解能イメージング: 両側の乳房について、第3相 (A) および第4相 (B) のサジタル画像で両側の乳房を検査した。(A) 右乳房、(B) 左乳房。



4 線維腺腫を示す拡散強調イメージングのサジタルMPR画像。この良性腫瘍はb 500-1500の画像で高信号に表示される。

するよりも、造影剤 (Gd-DTPA) を用いたパーフュージョンMRイメージングによって血管新生の存在を検出するほうが感度が高い。このような状況で、日本では造影剤を用いないスクリーニングMRIが検討されている。日本人女性において、乳がんは罹患率第1位であり、40歳代後半で発症しやすい。また日本では、乳腺組織密度が高い場合のX線マンモグラフィの限界がよく知られていることから、超音波による乳がんのスクリーニングが開始されたところである。現在の超音波スクリーニングにおける問題点の1つは、良性の低エコー結節があまりにも

多く検出されることである。当院では、超音波スクリーニングの所見がはっきりしないか疑わしい患者を対象に、DWIとT1およびT2強調イメージングを組み合わせた非造影MRIの臨床上の有用性を前向きに研究した。

鑑別診断:マルチbファクターDWI

良性・悪性病変の鑑別に関して、ADC値は有効なパラメータになる可能性がある。現在までのところ、評価・検討が行われているのはADCの診断上のカットオフ値のみである。しかし、ADC値には重なりがある。我々は

マルチbファクターDWIを用いた分類を試みている。乳房病変の鑑別診断においては、ACR-BI-RADSやGoettingen score、Jena score、MARIBS (Magnetic Resonance Imaging in Breast Screening) といったスコアリング・システムのような病変分類が不可欠である。当院では、マルチbファクターDWIを行って常に同じウィンドウ・レベルおよびウィンドウ幅を用い、視覚的な分類を行っている(図4,5)。

治療に対する反応のモニタリング

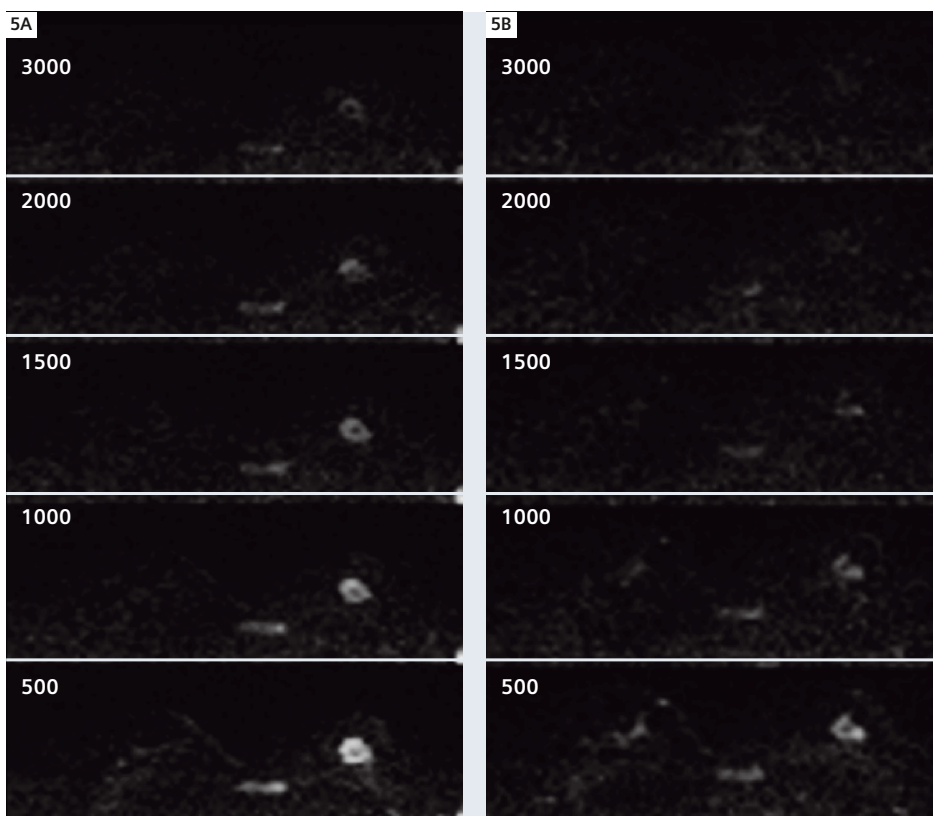
1~2サイクルの化学療法を行うとコントラスト増強パターンが大幅に変化し、その変化は

表1:プロトコル

	シーケンス	撮像方向	ボクセル・サイズ (resolution)	TA (resolution)	TE	TR
localizer	gre	3 方向	2.1x1.6x6mm	0:35	4,22	9,2
t1_fl3d_cor_in-phase_FS(-)	fl3d_vibe	コロナル	1x1x3mm	0:52	4,76	8
t2_tse_sag_R_fs_SPAIR	tse_rst_ire	サジタル(右)	0.6x0.6x3mm	1:18	97	4780
t2_tse_sag_L_fs_SPAIR	tse_rst_ire	サジタル(左)	0.6x0.6x3mm	1:18	97	4780
DWI_ep2d_cor_fs_SPAIR	ep2d_diff_pace	コロナル	3x3x3mm	2:24	96	8000
Dyn_t1_fl3d_vibe_cor_fs_SPAIR	fl3d_vibe	コロナル	1x0.7x0.9mm	1:00 x 3	2,29	5,23
t1_fl3d_vibe_sag_R_fs_SPAIR	fl3d_vibe	サジタル(右)	0.6x0.6x1.2mm	1:00	2,22	4:04
t1_fl3d_vibe_sag_L_fs_SPAIR	fl3d_vibe	サジタル(左)	0.6x0.6x1.2mm	1:00	2,22	4:04
Delay_t1_fl3d_vibe_cor_SPAIR	fl3d_vibe	コロナル	1x0.7x0.9mm	1:00	2,29	5,23
svs_se_ub2_270_breast	svs_se_ub2	トランスバース	15x15x15mm	7:01	270	1620

腫瘍サイズの変化が測定可能になる前でも観察される。しかし、コントラスト増強パターンは誤った所見につながる可能性があり、化学療法薬の効果による偽陰性の結果をもたらす可能性がある。これに対して、DWIや¹H MRスペクトロスコピーは化学療法薬の直接の効果を観察するうえで非常に有望である。¹H MRスペクトロスコピーは分子レベルの変化に反応する有用な方法であるが、化学療法による変化が観察できるのは限られた領域(シングル・ボクセル)であり、進行がんの場合は乳がん自体よりも領域が小さい可能性がある。局所進行乳がんの患者の治療に対する反応をモニタリングするうえで、DWIは追加情報をもたらすと思われた(図5)。

また、¹H MRスペクトルを測定するための関心ボリューム (VOI) を乳房腫瘍内に配置する際に、拡散強調画像は有用なガイドになると思われた。しかし、ADC値の使用には落とし穴がある。図6は、術前化学療法開始前後における乳がん患者の画像である。化学療法前は、b=3000の画像で、がんが確認でき、ADC値は低かった(0.69×10⁻³ mm²/s)。化学療法後は、造影MRIでもDWIでも腫瘍サイズの減少が観察された。病変はb=2000の画像で確認でき、ADC値は化学療法前とほぼ同等であった(0.64×10⁻³ mm²/s)。化学療法の効果による腫瘍サイズの減少にもかかわらず、病変内の細胞密度の変化にはばらつきがあった(図6)。つまり、乳がんの細胞密度



5 左乳房の乳がんを示す拡散強調イメージングのトランスバースMPR画像。化学療法前(A)および後(B)のDWI。化学療法後に腫瘍の信号強度とサイズが減少している。

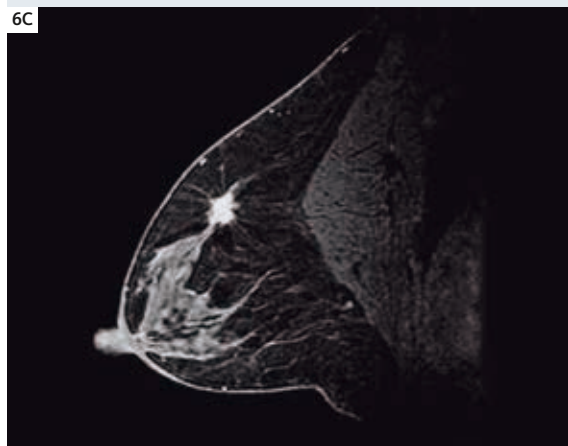
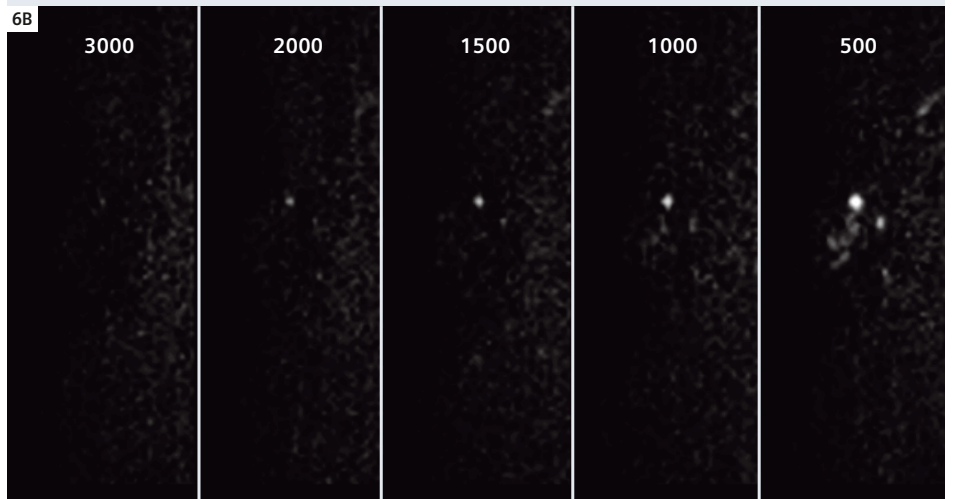
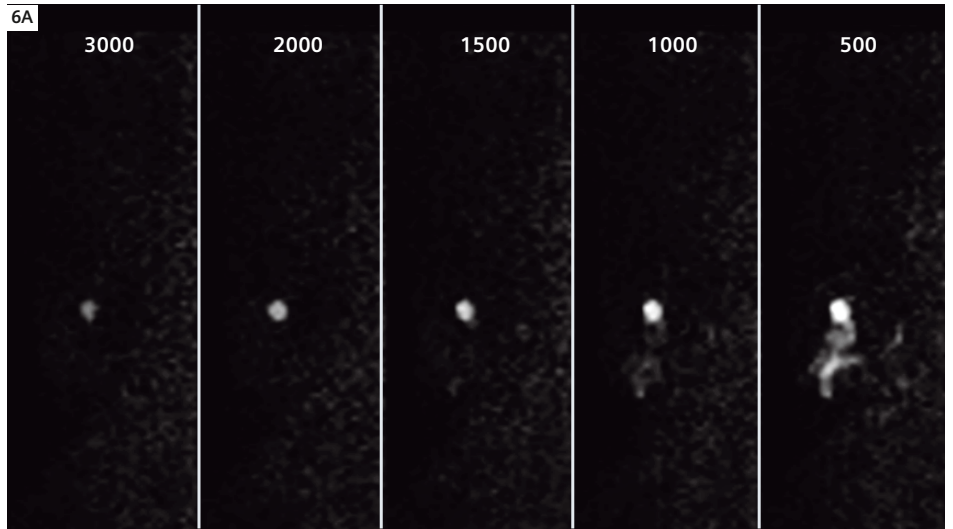
	FA	FoV read	FoV phase	スライス厚 (mm)	マトリクス (base)	マトリクス (phase)	iPAT (Acce)	Fat Sat	帯域幅
	20	400	100	6	256	75%	off	off	230
	25	330	100	3	320	100%	GRAPPA (2)	off	320
	150(refo)	160	100	3	256	100%	off	SPAIR	300
	150(refo)	160	100	3	256	100%	off	SPAIR	300
	3scan-trace	330	100	3	110	100%	GRAPPA (2)	SPAIR	1684*
	12	330	100	0,9	448	71%	GRAPPA (2)	SPAIR	430**
	15	160	100	1,2	256	100%	off	SPAIR	390
	15	160	100	1,2	256	100%	off	SPAIR	390
	12	330	100	0,9	448	71%	GRAPPA (2)	SPAIR	430
	90							spectral suppression	1000

*b1=500,b2=1000,b3=1500,b4=2000,b5=3000; **pre+ 2 回測定

が腫瘍内で不均一に減少したということで、これは腫瘍の形態や血管透過性に比べて独立した有用な情報になる可能性がある。

結語

臨床MR検査において乳房のDWIが有用かどうかについては、議論の余地がある。しかし、DWIは非造影MRIにおいて高い確率で乳がんを描出できる、唯一のシーケンスである。この細胞密度を強調したイメージングが果たしうる役割と限界について評価を続けるべきである。マルチbファクターDWIの視覚的評価を用いた、さらなる調査と前向きな研究が必要である。



6 乳がんを示す拡散強調画像のサジタルMPR画像。術前化学療法開始前(A)および後(B)のDWI。化学療法前は、b=3000の画像でがんが確認でき、ADC値は低かった($0.69 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$)。化学療法後は、b=2000の画像で病変が確認でき、ADC値は化学療法前とほぼ同等であった($0.64 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$)。

乳房の¹H MRスペクトロスコピー

戸崎光宏¹, 丸山克也²

¹ 亀田メディカルセンター 乳腺センター (千葉県)

² シーメンス旭メディテック株式会社 (東京都)

はじめに

乳房MRIは乳房腫瘍の高感度イメージング・モダリティとして登場したが、その特異度は依然としてばらつきがあり、30%から80%である。特異度を改善するには、3次元MRIイメージングを用いた病変形態の評価や、ダイナミック・プロトコルを用いた動態パターンの評価を詳細に行くと有用な可能性がある。また、拡散強調イメージングによる腫瘍細胞密度や¹H MRスペクトロスコピー(MRS)による腫瘍代謝といった、新たな特性をルーチンの臨床乳房MRI検査で得ることができる。乳房のin vivo ¹H MRスペクトロスコピーは実際の分子情報を非侵襲的に得る方法で、一般に正常な乳房組織ではコリン(Cho)を検出できないのに対して、乳がんではコリンを検出できることが実証されている。コリン化合物の濃度上昇は、乳房腫瘍の活動性と乳がんのバイアビリティの指標であると考えられる。したがって、乳房MRスペクトロスコピーは良性・悪性病変の鑑別方法として、また局所進行乳がんの患者における化学療法の効果を評価する方法として、非常に有望である。これまでのところ、乳房¹H MRスペクトロスコピーの臨床的有用性を評価するための

大規模なデータセットはない。近年、乳房MRスペクトロスコピーとそれによって得られるスペクトルの安定性が1.5TのMR装置でも技術的に向上し、世界中で乳房MRスペクトロスコピー検査が可能になっている。当院では、毎月200件を超える乳房MRI検査を行っており、6か月で600件を超える乳房MRスペクトロスコピー検査を行っている。

シーケンスについて

乳房スペクトロスコピーのシーケンスはスピンエコー・シーケンスで、次の機能を追加している: スペクトラル・サプレッション・パルス、ボリューム外周部抑制のための最大8個のサチュレーション・バンド、生体信号トリガリング、オンライン周波数補正、ボクセル寸法範囲の拡張、マルチチャンネル・データ結合。

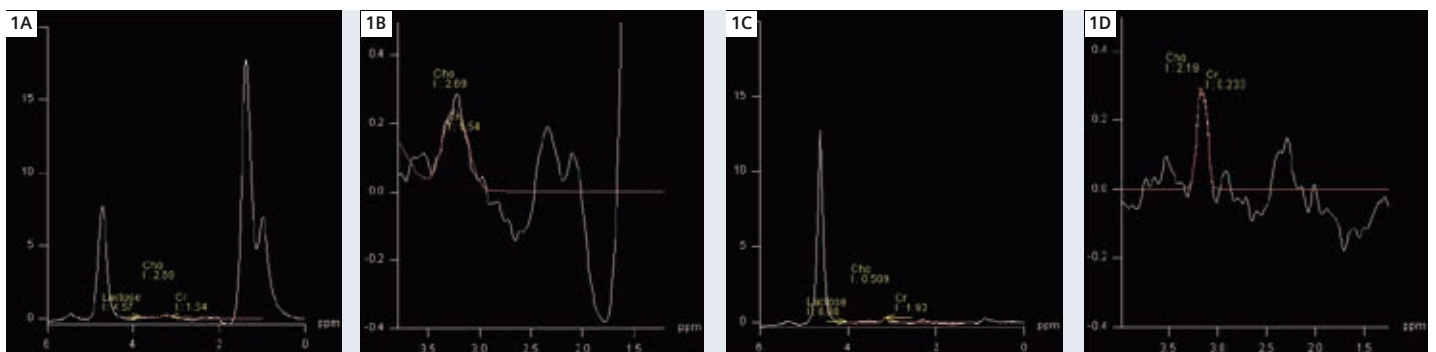
スペクトラル・サプレッション

スペクトラル・サプレッション法によって、第2のスピンエコー・パルスの前後で横磁化

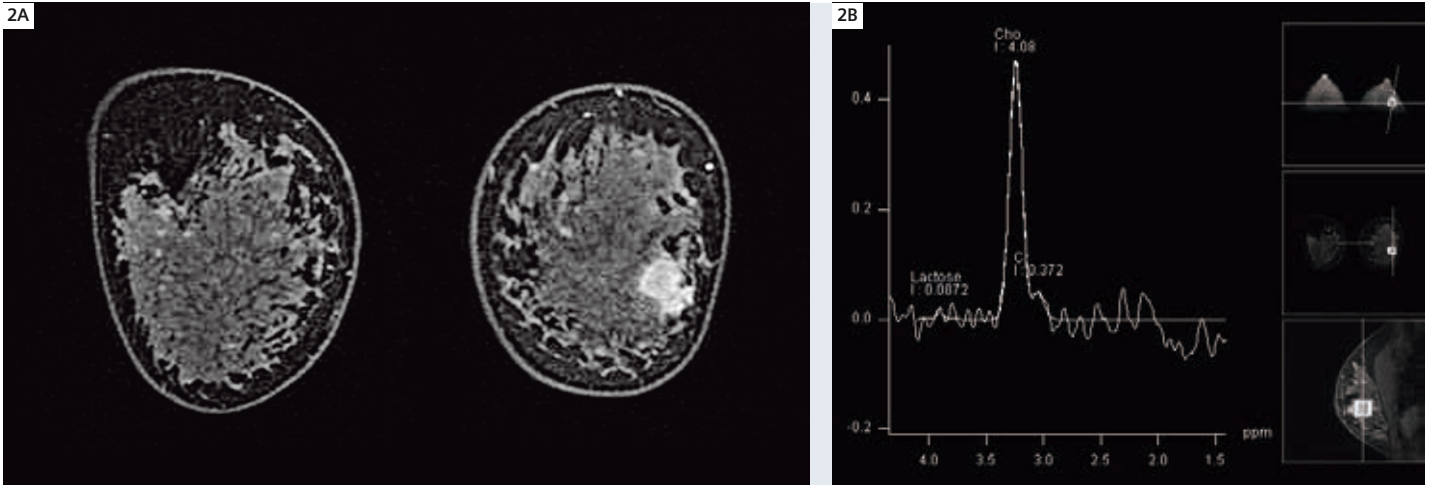
が選択的にディフェーズされる。スペクトラル・サプレッションの特質は、我々が数値的に最適化したパルスの、次のような周波数応答プロファイルのシミュレーションによって視覚化することができる。すなわち、磁化成分 $M_{xy}=-1$ はディフェーズされ、磁化成分 $M_{xy}=1$ はリフェーズされる。このスペクトラル・サプレッション法は“MEGA”またはダブル“BASING”と呼ばれる。図1に示すパラメータは乳房スペクトロスコピーに有効で、関心ピークは2.5~3.5 ppmの間にある。脂肪信号抑制パルスは中心が1.3 ppm、幅が1.55 ppmで、0.5~2.1 ppmのスペクトル範囲にある信号が抑制される。

オンライン周波数補正

このシーケンスはオンライン周波数補正が再構成プログラム内に組み込まれており、補正にはインライン・シフトのために水のピークを必要とする。したがって、十分な水の信号を確保するために、“Weak water suppression”という弱い水信号抑制の設定と、WET法から励起までの間に長い“WET recovery delay”という遅延設定を用いる。



1 脂肪抑制なし(AおよびB)、脂肪抑制あり(CおよびD)の乳がんのMRスペクトル。SVS TE=270、ボクセル・サイズ15×15×15 mm³、TA=7 min。(B)および(D)は、(A)および(C)の1.2~4.0 ppmのスペクトルを表示したもの。コリンのピークは(D)のほうが(B)よりも明瞭に検出されている。



2 右乳房の乳がんを示す高分解能3Dダイナミック・イメージング。生検で浸潤性乳がんと確認された病変のSVSスペクトルをMAGNETOM Avantoで収集した。¹H MRスペクトロスコピーは浸潤がんの検出感度が非常に高いことが実証された。

後処理

フィルタはHanning、幅400ms。ゼロ・フィリングは2048。ベースラインは6次多項式。位相補正は手動またはコリン使用の自動。ただし、単一の信号の位相合わせによってバイアスが生じる。

鑑別診断

良性・悪性の乳房病変の鑑別に関して、いくつかの有望な結果を報告する。悪性病変では、¹H MRスペクトロスコピーは全体的な感度が高かった(80%を超える、図2)。さらに、¹H MRスペクトロスコピーは浸潤がんを肉腫や非浸潤性乳管がんと鑑別して検出する感度が非常に高いことが判明した。非浸潤性乳管がんについては、現在までの症例数は少数で感度は低いが、ほとんどの良性腫瘍は¹H MRスペクトロスコピーで陰性であった。ただし、偽陽性の症例を経験したこともある(図3)。MRテクノロジーや乳房用マトリクス・コイルの進歩が続いていることから、良性病変における弱いコリンピークの検出率は向上しており、特異度は低下している可能性がある。近い将来に、コリン化合物の量を測定する技術が必要になるかもしれない。

治療に対する反応のモニタリング

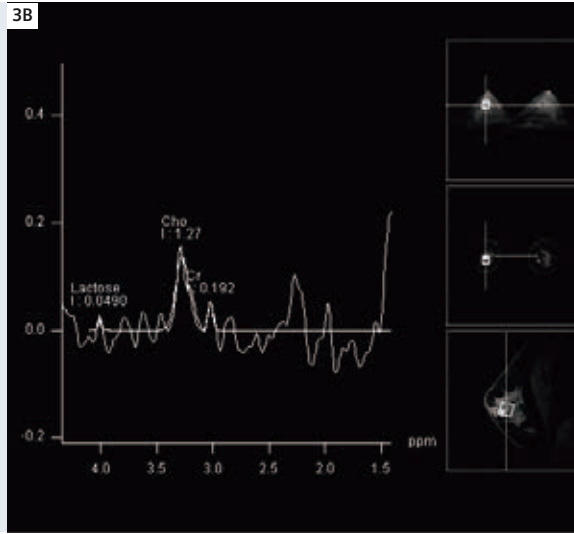
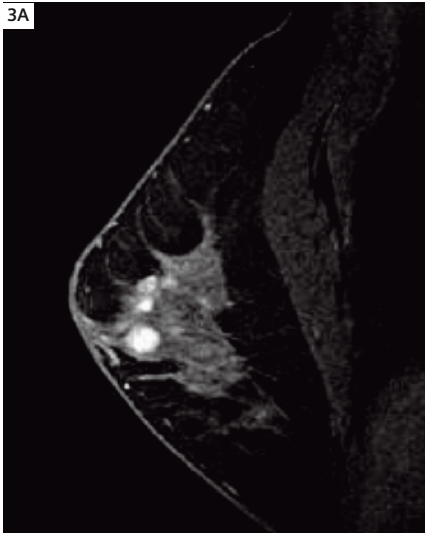
もう一つ、¹H MRスペクトロスコピーを応用できる可能性があるのが、術前化学療法に対する反応の評価である。コントラスト増強パターンは誤った所見につながる可能性があり、化学療法薬の効果による偽陰性の

結果をもたらす可能性がある。これに対して、¹H MRスペクトロスコピーや拡散強調イメージングは化学療法薬の直接の効果を評価するうえで非常に有望である。乳がんにおけるコリンピークの存在は細胞増殖の増加を反映している可能性があり、治療後にこのピークが減少することは腫瘍のバイアビリティの低下を反映している可能性がある(図4)。つまり、¹H MRスペクトロスコピーで観察できる代謝の変化が、治療後の臨床的な反応の予測因子になる。1~2サイクルの術前化学療法開始後、早期にコリンピークが変化することは、治療の継続を決定するうえで重要な情報であると考えられる。さらに、各フォローアップ検査には同じ測定プロトコルが必要になるが、syngoソフトウェアのPhoenix機能を用いれば、すべての測定において同じパラメータとボクセル・サイズ(15×15×15 mm³)が確保される。

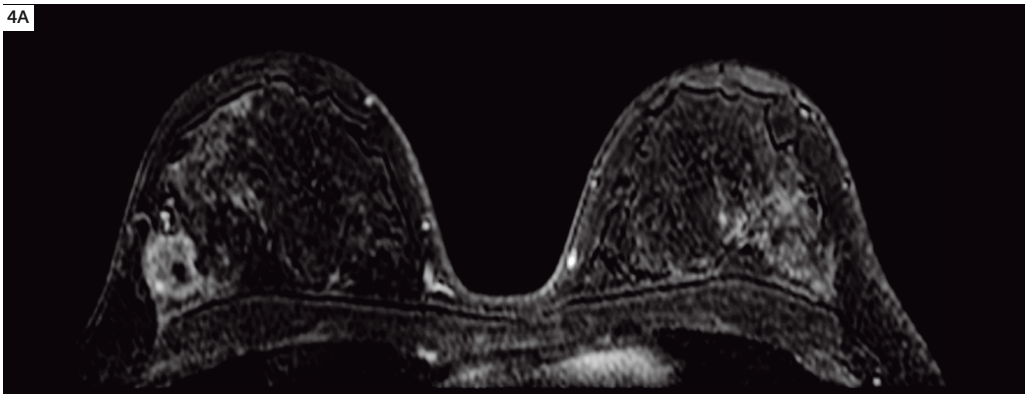
結語

大きな脂肪信号を抑制するための特殊なソフトウェアなど、乳房MRスペクトロスコピーにおける最近の技術的な進歩によって、1.5TのMR装置でも安定したスペクトル収集が可能になった。乳房MRスペクトロスコピーを用いた臨床研究は始まったばかりであるが、乳房病変のMR診断と乳がん患者の治療の決定において、このテクニックはすでに大きな有望性を見せている。さらなる進歩と腫瘍内コリン量の評価が加われば、乳房MRスペクトロスコピーは乳がんの

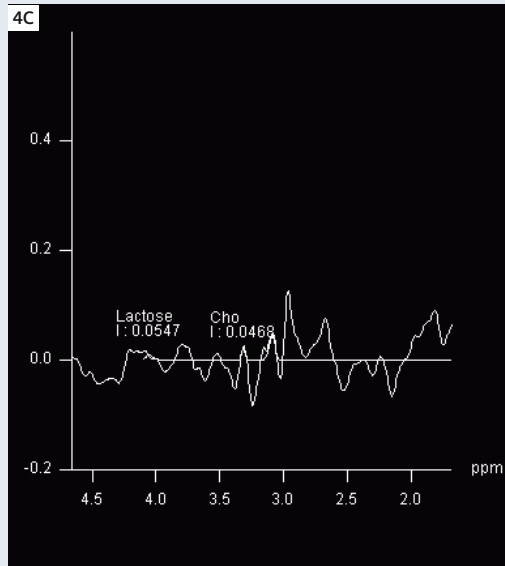
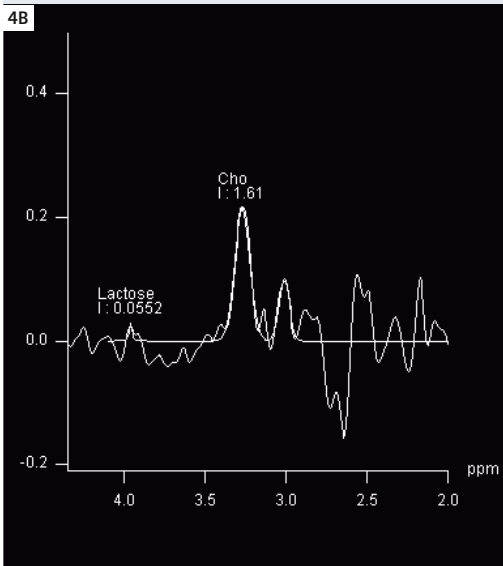
生物学的特性を解明するのに役立つ可能性がある。



3 生検で線維腺腫と確認された領域に弱いコリンピークを示すSVSスペクトル。偽陽性の症例。



4 右乳房の乳がんを示す高分解能3Dダイナミック・イメージングのトランスバースMPR画像(A)。



術前化学療法開始前(B)および後(C)のSVSスペクトル。¹H MRスペクトロスコピーで観察できる代謝の変化が、治療後の臨床的な反応の予測因子になる。

女性骨盤部におけるsyngo BLADEを用いたT2強調MRイメージングの臨床的有用性

小山貴、藤本晃司、富樫かおり

京都大学大学院医学研究科(京都府)

はじめに

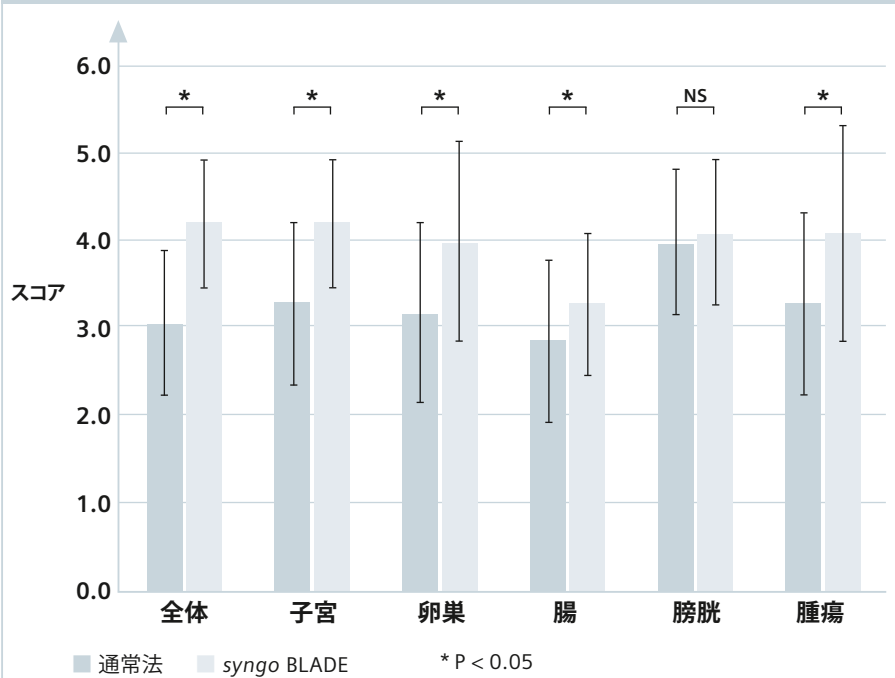
syngo BLADEは、non-Cartesian Trajectory でデータ収集を行うテクニックで、脳のイメージングにおけるモーション補正に応用されている。

syngo BLADEでは、TR毎のエコートレインを通常のターボスピネコー・シーケンスと同じ方法で収集するが、各エコートレインはブレード(羽根)のようなものになり、そのブレードが回転するようにk空間を充填する。このTrajectoryのため、BLADEは体動の影響を受けない。

女性骨盤部では、呼吸運動によるアーチファクトは少ないが、腹壁や腸の動きによるアーチファクトによってMR画像が劣化する。本稿では、ターボスピネコーによるT2強調画像(T2WI)と比較した、女性骨盤部におけるBLADEテクニックの長所と制約について述べ、2007年にドイツ・ベルリンで開催されたISMRMにおいて我々が発表した最近の研究結果を紹介する。

この研究では、健常ボランティア6例(年齢:28±3歳)および婦人科疾患のため骨盤部MRIを行った患者28例(年齢:50±16歳)の合計34例において、BLADEを用いたサジタルT2WI(TR/TE=6760-9500/113)と通常の撮像法によるT2WI(TR/TE=3730/105-120)を比較した。MRは1.5Tスキャナ(MAGNETOM Symphony)でマルチチャンネル・フェーズドアレイ・コイルを用いて行った。TRおよびTE以外のシーケンス・

表1:視覚的評価



このグラフは視覚的評価の結果を示している。全体的な画質、子宮、卵巣、腸を含む骨盤部臓器と腫瘍の描出は、通常のT2WIと比較してBLADE-T2WIのほうが優れていたが、膀胱は例外であった。

	syngo BLADE	通常法	P 値*
全体 (n = 34)	4.1 ± 0.7	3.0 ± 0.8	< 0.001
子宮	4.1 ± 0.7	3.2 ± 0.9	< 0.001
卵巣	3.9 ± 1.1	3.1 ± 1.0	0.001
腸	3.2 ± 0.8	2.8 ± 0.9	0.009
膀胱	4.0 ± 0.8	3.9 ± 0.8	0.395
腫瘍	4.0 ± 1.2	3.2 ± 1.0	0.001

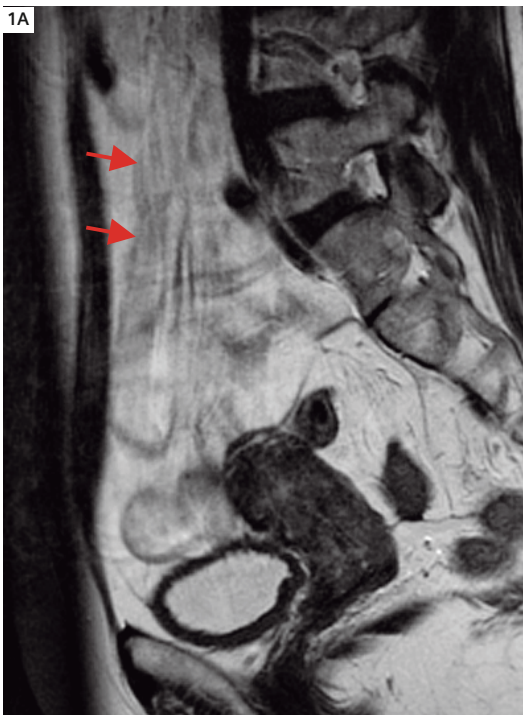
*Wilcoxonの符号付き順位検定による計算。P<0.05で統計学的に有意。

プロトコルは両方のT2強調スキャンで等しく、FoVは260mm、スライス厚は5mm、スライス間ギャップは0.9-1.5 mm、マトリクスは320であった。すべてのMR画像について、2名の放射線科医が別々に全体的な画質と腸、子宮、膀胱、腫瘍（存在する場合）の形状の鮮明度を5段階で評価した。アーチファクトの有無と種類も各シーケンスについて記録した。被検者ごとにMR画像の評価結果を比較した。

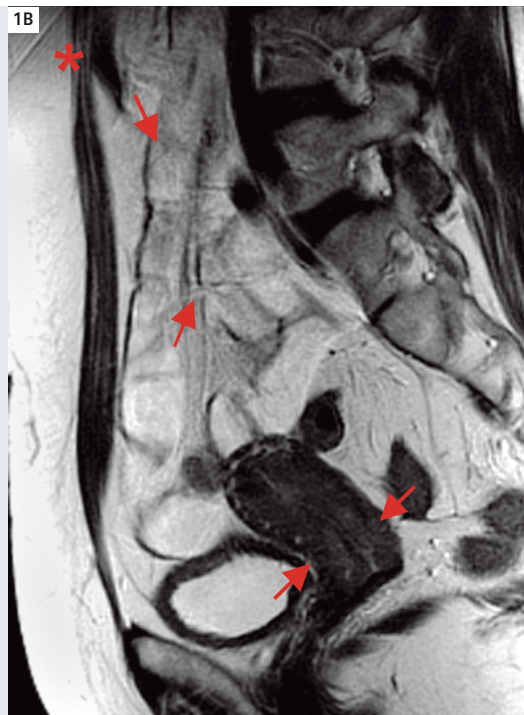
表1に、MR画像の評価結果をまとめる。syngo BLADEでは、通常のターボスピネコー・テクニックによるT2WIで必ず見られるゴースト・アーチファクトが少なく、全体的な画質

が良好であった。骨盤部臓器および腫瘍の描出は、膀胱を除き、BLADEを用いたT2WIのほうが通常のターボスピネコーによるT2WIよりも優れていた。子宮頸がんの患者1例では、通常のT2WIではほとんど認識できなかった腫瘍を、syngo BLADEを用いたT2WIで描出することができた(図1)。一方、BLADEを用いたT2WIは軽度ながら特有のアーチファクトを伴い、腸(n=34)および膀胱頂部(n=12)に細い線状のアーチファクト、体内から淡い光が放射状に広がっているようなサンバースト様アーチファクト(全例)、ラップアラウンド・アーチファクト(n=20)、FoVの隅に鮮明な線(n=14)が見られた。

膀胱頂部の周囲に見られる細い線状のアーチファクトは、尿の流入および腸の蠕動によるモーションが原因の可能性がある。独特のサンバースト様アーチファクトは、BLADE特有のk空間Trajectoryに起因するラップアラウンド・アーチファクトの一種の可能性もある。しかし、これらのアーチファクトは軽度で、妊婦1例*を除き、全体的な画質を有意に低下させるものではなかった。被検者の妊婦3例中1例においては、胎児の動きによるアーチファクトで、syngo BLADEを用いたT2強調画像が大幅に劣化した。以上をまとめると、通常の撮像法によるT2強調画像と比較して、syngo BLADEを用いたT2強調画像はゴースト・



通常法 TSE



syngo BLADE

1 子宮頸がん

syngo BLADEを用いたサジタルT2強調画像は、モーション・アーチファクト(A矢印)によるゴーストやブラーリグ(ぼけ)の減少によって、全体的な画質が高く、子宮および腸の描出が鮮明で、通常のT2強調画像ではほとんど認識できない子宮頸がん(B対向する矢印)を描出している。ただし、syngo BLADEを用いたT2強調画像では、小腸に細い線状のアーチファクト(B矢印2か所)とFoVの隅に鮮明な線(B*)が見られる。



通常法 TSE



syngo BLADEによるT2強調画像

2 妊婦

妊婦*の症例。syngo BLADEを用いたT2強調画像では、ゴースト・アーチファクトは解消されているが、子宮、胎盤、胎児の描出は著しい線状のアーチファクトによって大幅に劣化している。

*胎児・乳児のイメージングの安全性は確立されていない。

アーチファクトを除去することによって、女性骨盤部臓器を高画質で鮮明に描出することが可能と考えられる。syngo BLADEを用いたT2強調画像は、他の人体臓器のT2強調画像においても、画質を向上できる可能性が高いと思われる。

*胎児・乳児のイメージングの安全性は確立されていない。

参考文献

- 1 Wintersperger, B.J., Runge, V.M., Biswas, J. et al., Brain magnetic resonance imaging at 3 Tesla using BLADE compared with standard rectilinear data sampling. Invest Radiol, 2006. 41(7): p. 586-92.
- 2 Seo H, Masui T, Katayama M, et al, Comparison of PROPELLER Fast Spin Echo, Respiratory-Triggered Fast Spin Echo and Single-Shot Fast Spin Echo Sequences for Transverse T2-Weighted Magnetic Resonance Imaging of the Female Pelvis. 13th Scientific Meeting and Exhibition ISMRM 2005. 5 Miami Beach.
- 3 Pipe; Motion Correction With PROPELLER MRI: Application to Head Motion and Free-Breathing Cardiac Imaging; MRM 1999; 42; 963-969.

表2:アーチファクトの評価

N = 35	通常法	BLADE
モーション・アーチファクト	35	0
細線状アーチファクト	0	35 (腸) 12 (膀胱)
FoV隅の鮮明な線	0	20
ラップアラウンド・アーチファクト	0	14

アーチファクトに関して、通常法で全例に見られたモーション・アーチファクトは、BLADE-T2WI画像では見事に解消された。しかし、BLADE画像にはいくつか軽度のアーチファクトが見られた。腸および膀胱の細い線状のアーチファクト、FoVの隅の鮮明な線、特有のラップアラウンド・アーチファクトなどが見られた。

Dynamic VIEWS, InterVIEWS, RADIANT および Tim: 乳がんイメージングの高度MRテクニック

Bruce A. Porter, M.D., FACR¹; Helmuth Schultze-Haakh, Ph.D.²

¹First Hill Diagnostic Imaging – Swedish Medical Center, Seattle, Washington, USA
スウェディッシュメディカルセンター・ファーストヒル画像診断センター(ワシントン州シアトル)

²Siemens Medical Solutions USA, Inc., Cypress, CA, USA
シーメンスメディカルソリューションズ(カリフォルニア州サイプレス)

はじめに

1990年代初頭における乳房MRIの初期の臨床アプリケーションは、低分解能のダイナミック(動態)画像シリーズか、時間のかかる高分解能(形態学的)画像による良性・悪性鑑別のいずれかに頼っていた。しかし、現在のMR装置はハイブリッド・テクニックの使用が可能になり、動態データと高分解能の形態学的情報の両方が1回の検査で得られるようになった。VIEWS (Volume Imaging with Enhanced Water Signal) はシーメンス MRシステム向けに開発された、脂肪抑制を併用する

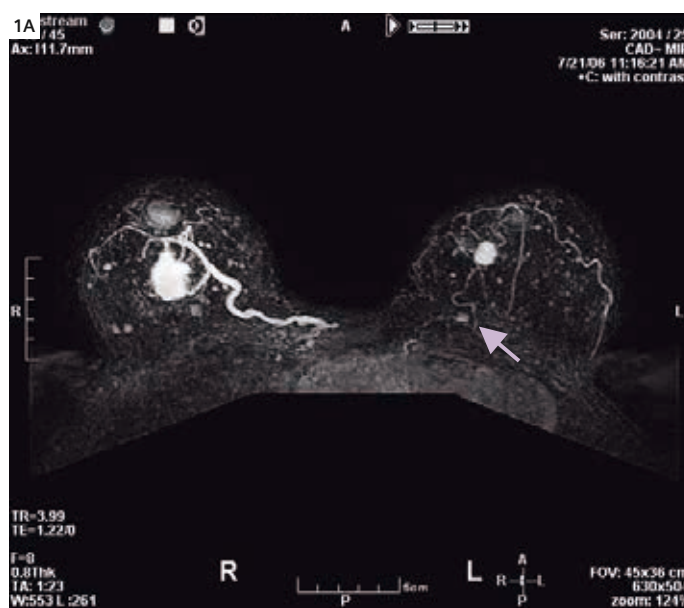
高分解能3次元(3D)グラディエントエコー撮像テクニックである。このハイブリッド方式の撮像法は、時限的に撮像を行うDynamicVIEWSの間に高分解能撮像のInterVIEWSを挿入したものである。動態的アプローチも形態学的アプローチも、それぞれに強みと制限がある。しかし、これらの方法を組み合わせたものは、機能的情報(造影曲線)と解剖学的構造を精細に描出した薄いスライス
の高分解能3Dデータセットをもたらし、造影される腫瘍の性状診断を改善する。本稿では、

これら2種類の方法の相補性について述べるとともに、乳がんを有すると分かっているか、その疑いのある患者の臨床ケアに、この独自の検査が影響(しばしば多大な影響)を及ぼす状況を中心に、乳房MRイメージングの現状について述べる。

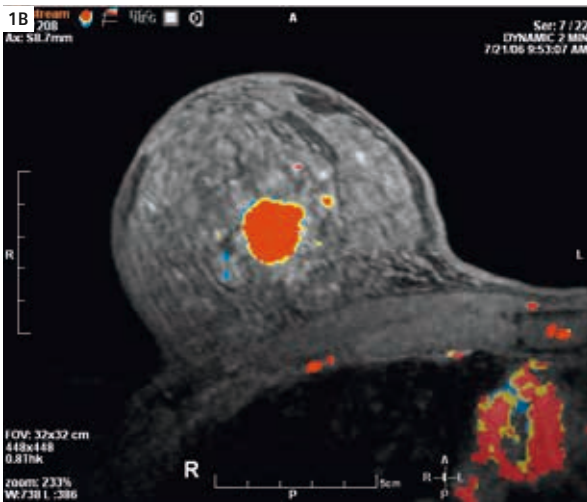
症例1:

多中心性乳がんと対側の潜在的な浸潤性乳がん

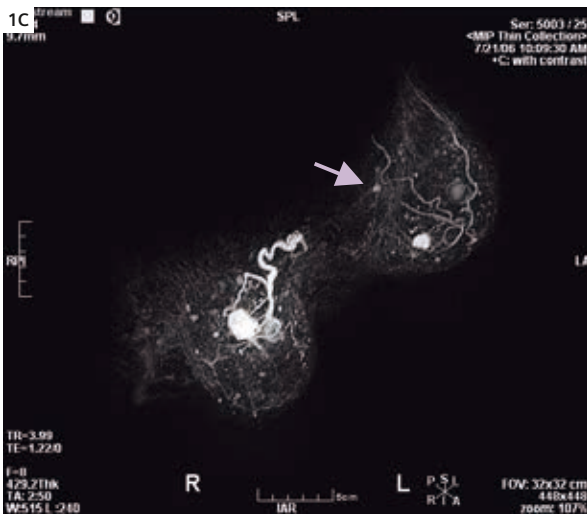
この48歳女性は医療従事者で、左乳房のしこりに気付いた。乳房X線像は非常に高濃度で、がん、非対称性腫瘍、悪性の石灰化の徴候は認めず、その後の再度の評価でも同様であった。触知可能な病変の超音波ガイド下生検で高悪性度の浸潤性乳管がんと判明した。腫瘍の広がり
の評価と病期分類のため、両側乳房のMRを実施した。MRで、左乳房下内側4分の1にある既知の1.3 cmの腫瘍(図1A)のほか、急速な造影剤の流出を示しスピキュラを伴う0.6 cmの疑わしい病変が、乳房後部上内側4分の1に検出された。これはその後、超音波検査で確認された。さらに、対側(右)の乳房に、臨床的にも乳房X線像上でも判明しない、著明な造影効果を示す2 cmの腫瘍が検出され、その後の乳房切除術で確認された。DynamicVIEWSシリーズは、図1Bに示すような、CADシステム(Confirma, Inc.)を



1A 初回造影サブトラクション画像のアキシャル full MIP。左乳房内側に既知のがん後部に小さな疑わしい所見(矢印)を描出。さらに、血管新生が著明ながんが対側(右)に新たに検出された。



1B CADパラメトリック画像。
右乳房のがんと内側の小さな衛星病巣の急速な造影・流出動態を赤色で表示。



1C ダイナミック画像はスライスが薄く面内分解能が高いことから、補間法を用いて高画質オブリークMIP画像を生成することができる。この画像では、第2の左側乳がんが不鮮明ながら胸壁の近傍に視認できる(矢印)。

用いたパラメトリック解析のための動態データをもたらすだけでなく、内外斜位(MLO)方向の乳房X線像と対比するための、精細なオブリークMIP(Maximum Intensity Projection)画像(図1C)を生成するのに十分な分解能を有する。

コメント

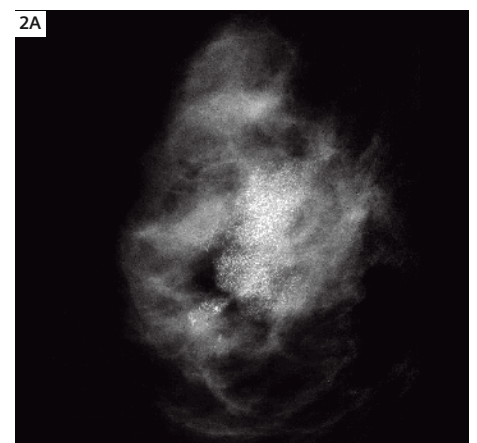
この患者は両側の乳房切除術を選択した。(既知の)左側乳がんは1期と判定されたが、右側のセンチネルリンパ節に複数の小さな腫瘍結節が発見され、2期と分類された。したがって、対側の潜在的な腫瘍は既知の腫瘍より大きいだけでなく、すでに腋窩リンパ節に及んでいた。

症例2: 術前計画のための乳房MR

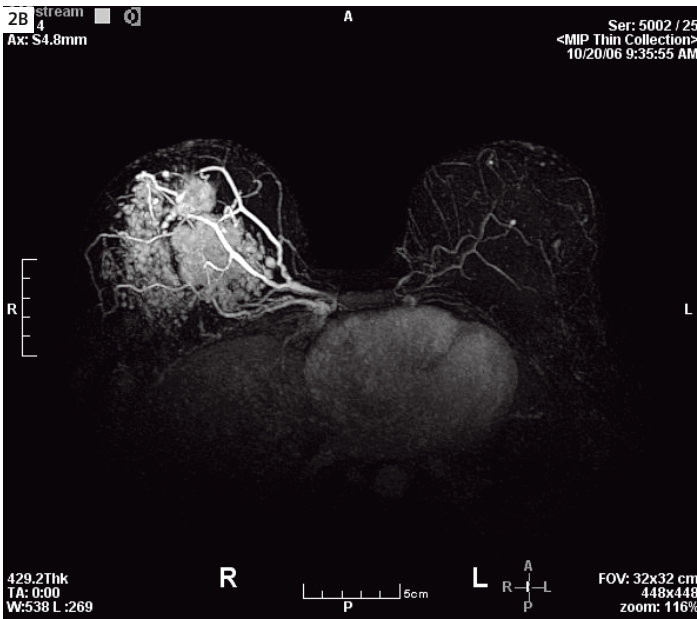
32歳女性、授乳中に右乳房の硬い腫瘍、乳頭陥凹、母乳産生の漸減に気付いた。超音波検査で2.2cmの充実性腫瘍を確認し、乳房X線撮影で5cmの範囲に及ぶ鋳型状(casting-type)の微小石灰化が判明した(図2A)。混合型非浸潤性乳管がんが疑われ、生検で確定された。

腫瘍の広がりやの評価、対側乳房の評価、および病期分類のため、MRを実施した。アキシアルMIP画像(図2B)とそれに対応するパラメトリック画像(図2C)で、悪性の造影効果を示し血管新生が著明な辺縁不整の腫瘍と、右乳房中央の大部分に及ぶ太い流出静脈が判明した。高分解能InterVIEWS画像(図2D)は混合パターンを示し、スピキュラを伴う充実性の2.3cmの浸潤性腫瘍と、その周囲に高悪性度の非浸潤がんに一致する充実性の造影効果と

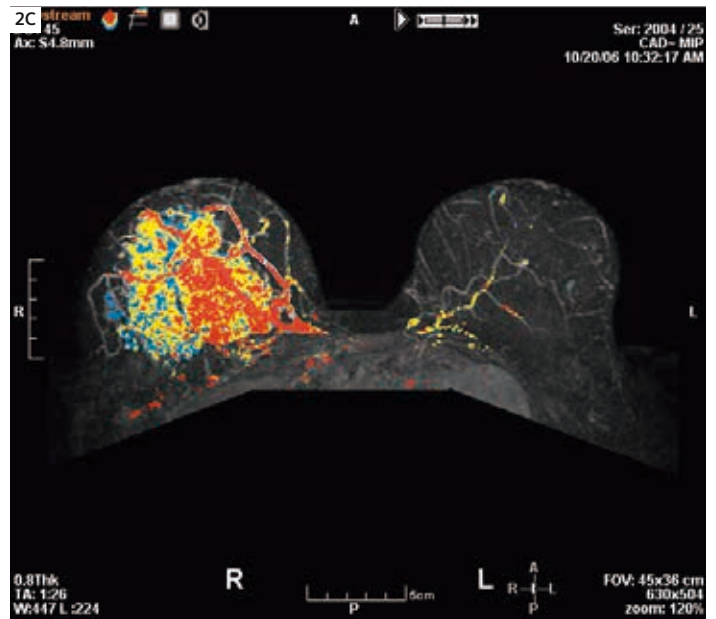
乳管の信号増強の混在を認め、乳房切除術で確認された。MR所見は患者が容易に理解できるものであった。そのため、患者と担当外科医の双方が、乳房切除術が明らかに適切な外科的治療であると判断した。外科医にとって術前の乳房MRは、患者との治療の選択肢の検討、腫瘍の広がりやの評価や、切除範囲が不十分であるか切除断端ががん陽性のために必要となる再切除の減少に極めて有用である[参考文献:Beatty and Porter]。



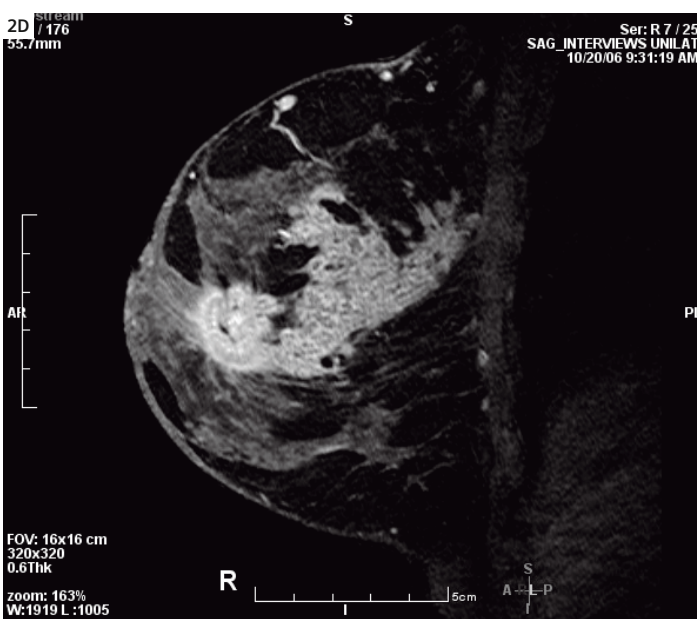
2A 内外斜位(MLO)の右乳房X線像。乳房中央から上外側4分の1の広範囲に及ぶ悪性の石灰化を描出。



2B 腫瘍の広がりには乳房X線像の異常所見から疑われるものよりさらに大きく、限局した悪性の造影効果と太い非対称性の血管を認める。左乳房に複数の病巣があるが、がんは否定された。



2C パラメトリック画像。悪性度が高く死亡の可能性がある腫瘍に特徴的な、著しく異常な血管新生を劇的に示している。

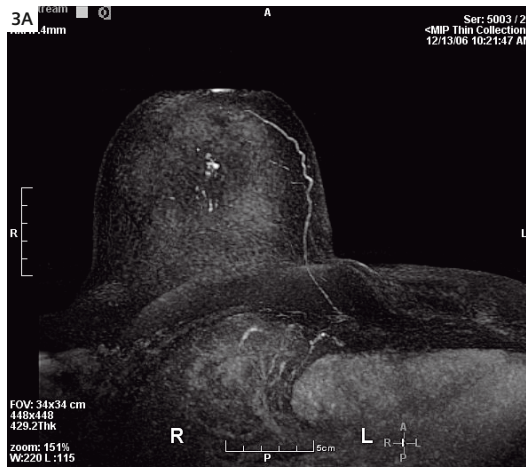


2D,E 右乳房：同側でスライス位置の異なる2つのサジタルInterVIEWSシリーズの画像。浸潤性腫瘍が腫瘤様で前部に位置するのに対して、非浸潤性腫瘍はほぼ胸壁に及び、部分的に充実性および管状の所見が混在している。



症例3: 乳がんの既往歴あり:臨床的にも 乳房X線像上でも判明しない早期 乳がんの検出

43歳女性、5年前に左側の乳がんおよび乳房切除術の病歴があり、対側の疾患を監視するための乳房X線撮影およびMRによる年次検診を受けていた。顕著な乳がんの家族歴を有する。最近の乳房X線所見は陰性であったが、アキシャル方向およびオブリーク方向のMIP画像(図3A、3B)で、新たな塊状および管状の造影パターンを認めた。これらの所見は2年前のMRでは見られなかった。CAD解析では、遷延型およびプラトー型の混合造影パターンがスピキュラを伴う小結節内に、隣接して分岐する管型の信号増強が右乳房中央に示された。高分解能InterVIEWS画像(図3C)でも良好に認められる。悪性の形態学的特徴と動態であることから、MR BIRADS (Breast Imaging Reporting and Data System) 分類のカテゴリー5と考えられ、MRガイド下生検を実施したが、この領域の超音波所見は陰性であった。生検で高悪性度の非浸潤がんと判明した。その後の乳房切除術で、悪性度の低い浸潤性乳管がんの小病巣(5mm)と、その周囲に充実型で核異型度の高い非浸潤がんが確認された。患者は乳房切除術を選択し、術中リンパ節転移診断は陰性であった。



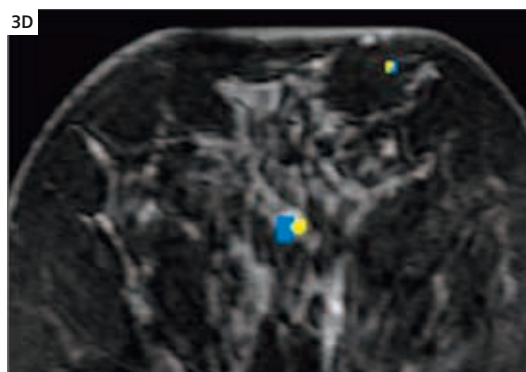
3A 未切除の右乳房のアキシャル・サブトラクションMIP(2分後)。2年前のMRでは見られなかった塊状の異常陰影を認める。この領域のX線所見および超音波所見は陰性であった。



3B 右オブリークMIP。管状のパターンと細部構造を良好に描出しており、悪性の可能性が高いという診断に至った。

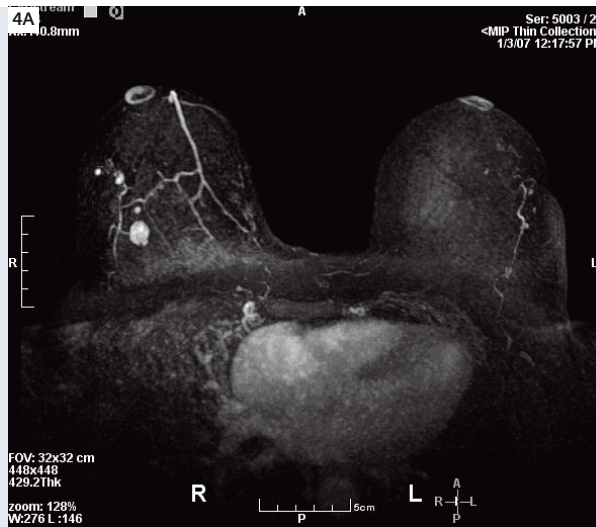


3C 高分解能サジタルInterVIEWS画像。小さな腫瘍と、隣接して管状分布を示す直線的な信号増強を描出。浸潤がんの特徴である、わずかなスピキュラ形成が認められる。



3D CAD画像。形態学的評価に一致する、遷延型およびプラトー型(青色および黄色)の混合造影パターン。

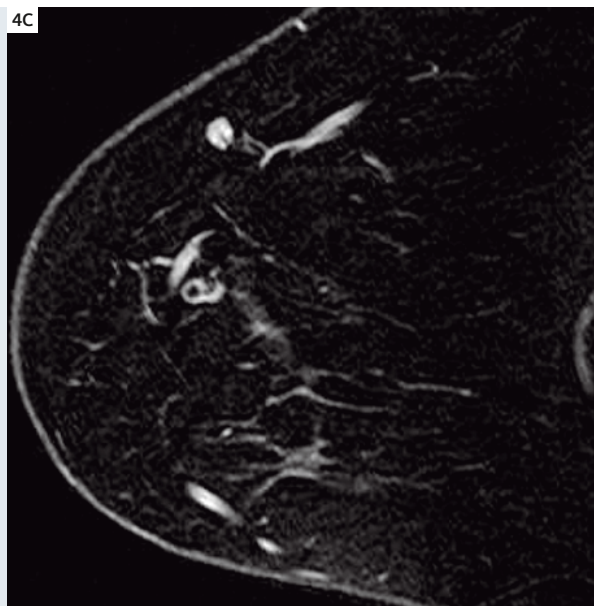
4A アキシャルMIP。正常な左乳房と、右乳房に複数の境界明瞭な結節を描出。



4B オブリークMIP。描出がさらに良好で、4個の小さな腫瘍と1個の大きな結節であることが判明。



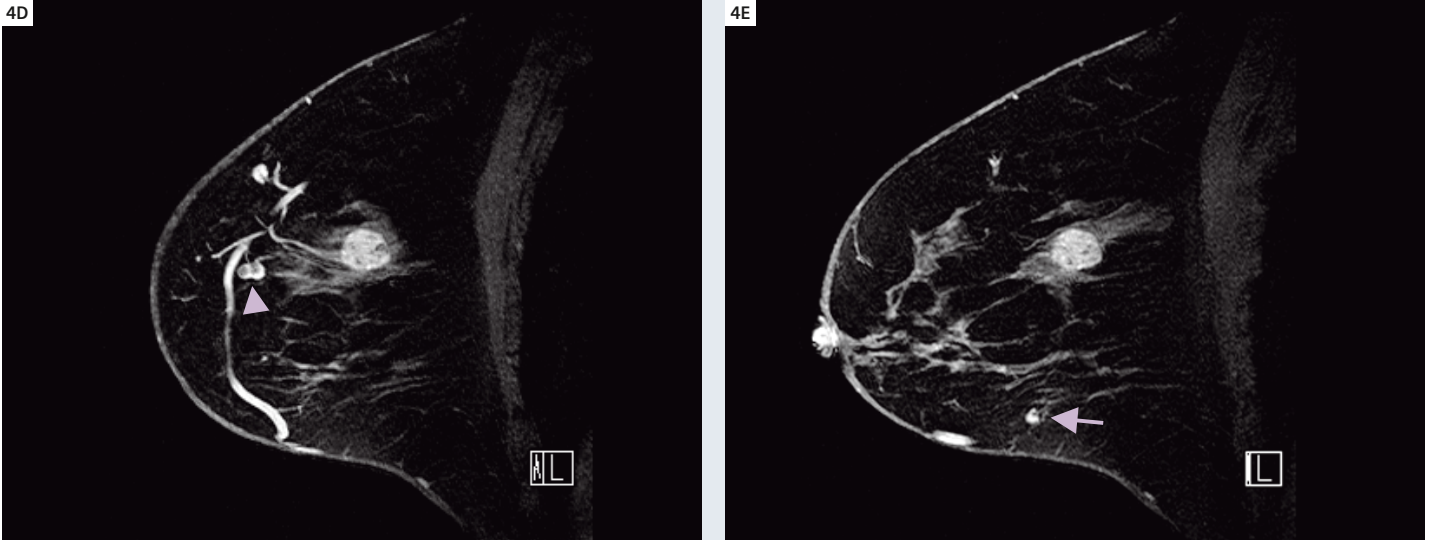
4C 0.64 mm厚のサジタル InterVIEWS画像。良性の乳房内リンパ節であると診断するのに十分な、高い分解能を有する。



症例4: 超高分解能3次元イメージングが 良性の造影所見を示す乳房腫瘍 の性状診断を改善する例

52歳女性、乳房X線所見は不均一高濃度で乳がんの家族歴(姉妹)あり。乳房X線像上で右乳房の結節性濃染が目立ってきたが、対応する超音波所見はない。家族歴と不明瞭なX線所見からMRを実施した。MIPサブトラクション画像(図4A、4B)で、明瞭なリンパ節門の脂肪沈着(fatty hila)を伴い、良性型の造影動態を示す、4個の境界明瞭な腎臓形の腫瘍(4.8 mm)が描出された。これは良性の乳房内リンパ節の特徴である。InterVIEWS画像(図4C)はボクセルがほぼ等方的(0.64×0.5×0.5 mm)で、その結果として分解能が非常に高いので、1.5度間隔の精細なラジアル(RADIANT=RADial Imaging Around Nipple or Tumor)再構成が可能である(図4D)。このテクニックは診断の信頼性をいっそう高める。結節はMR BIRADSカテゴリー2、良性と分類された。

スライス厚が非常に薄いことは、高画質のマルチプレーン画像やラジアル画像を得るうえでも重要である。1.5度間隔、1.5mmのRADIANT再構成を用いて、隣接する線維腺腫(図4E)の境界表面全体と内部構造を描出することができる。典型的な、造影されない内部隔壁が極めて明瞭に描出された。病変の中心に軸を置いたラジアル・イメージングは表面全体の評価が可能で、辺縁が多角形、スピキュラ、または不整ではなく、平滑であることが示された。これは、この腫瘍が良性であるという結論を裏付けるもので、生検で線維腺腫と確定された。この検査は分解能が非常に高いので、リンパ節に流入・流出する毛細管や細静脈がソース画像で容易に確認でき、RADIANT画像セットのシネ表示では特に良好に確認できる。乳房イメージングにおいて、病変の形態に基づいて正しい性状診断を行うには、悪性病変の可能性がある小さな不整形領域を見落とさないように、すべての疑わしい腫瘍の境界表面全体を精細に描出する必要がある。がんの造影効果が最大でバックグラウンドの造影効果が最小になるタイミングで撮像するInterVIEWSテクニックは、病変の形態に基づく性状診断を改善する。良性の造影動態と組み合わせれば、診断の信頼性が向上する。組織学的



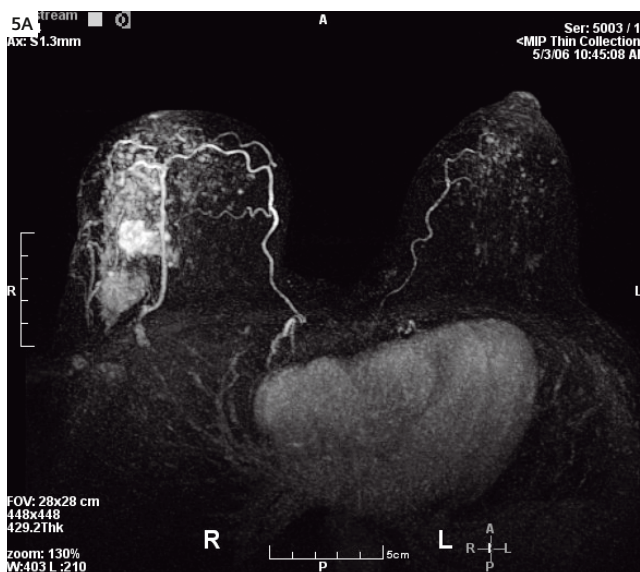
4D,E 厚さが1.5 mmと薄いオブリーク・サジタルRADIANT-MIP画像。血管構造、リンパ節門の脂肪(矢頭、暗い部分が脂肪)、後部の大きな腫瘍を良好に描出している。この再構成画像では非常に微細な解剖学的構造が確認できる。生検で線維腺腫と確定された病変の、造影されない内部隔壁が明瞭に認められる。第4結節は非常に小さいが、図4Eの下方に良好に認められる(矢印)。

確定診断が必要な場合(病変が大きい場合)は、超音波またはMRガイド下生検を実施する可能性もあるが、このような高分解能・高精細イメージングを用いれば、MRガイド下生検の件数を減らすことができる。

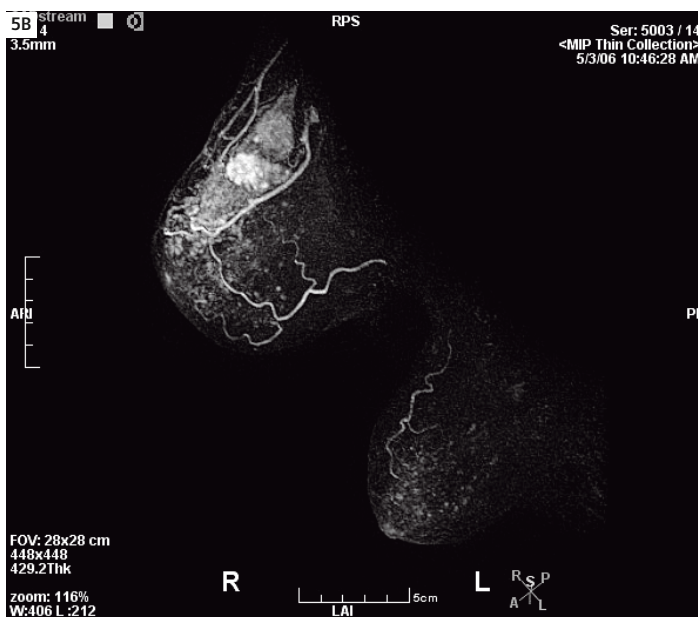
症例5: MRによるTNM(Tumor, Node, Metastases)病期分類:乳房および全身イメージング

58歳女性、右乳房上外側の触知可能なしこりに気付く受診。乳房X線像は非常に高濃度で、読影結果は陰性であった。超音波検査で1.2×1.1 cmの低エコー腫瘤を認め、生検結果は中間のグレードの浸潤性乳管がんであった。乳房MRおよび全身の病期分類検査を実施した。乳房の検査で、浸潤がんおよび乳管内がんの混合がんによる、右上外側4分の1のほぼ全体に及ぶ広範囲の浸潤が判明した(図5A、B、C)。さらに、レベルIからレベルIIIの異常な腋窩リンパ節(図5D)が検出された。内胸、鎖骨上、頸部リンパ節の腫脹は認めなかった。

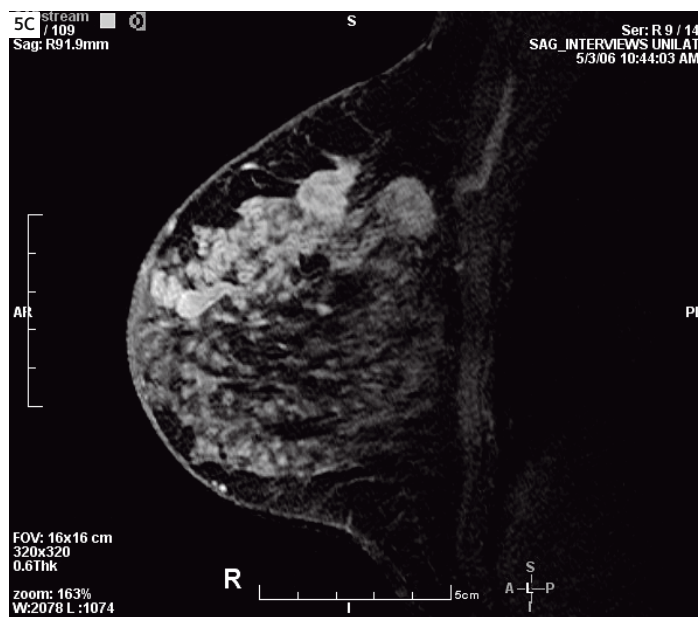
拡散イメージング(図5E)で異常信号を示した腋窩リンパ節を選択して、超音波ガイド下で穿刺吸引生検(FNA)を実施し、悪性の確定診断を得た。全身イメージングで、肝臓に



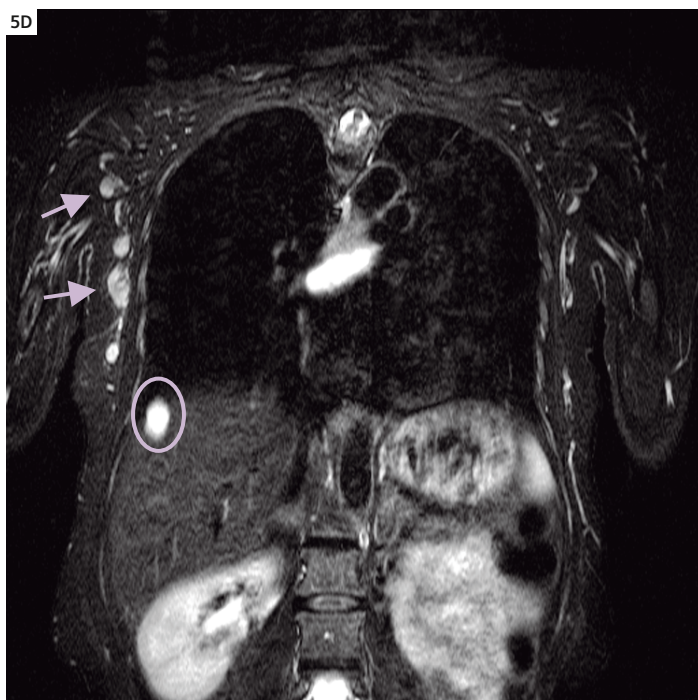
5A このアキシャルMIPでは、結節性、腫瘤様、びまん性の信号増強を伴う広範囲の悪性病変が、右乳房外側の大部分に及んでいるのが認められる。左乳房には腫瘍を認めない。



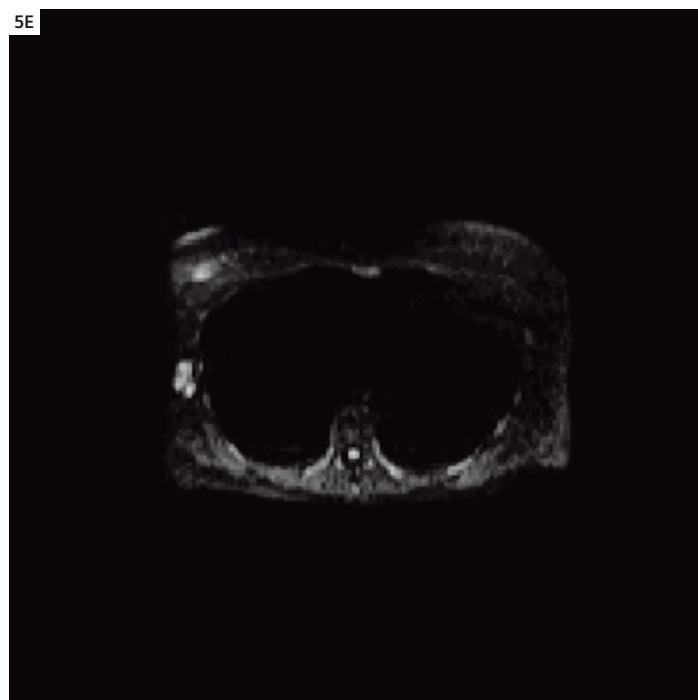
5B MLO方向の乳房X線像と類似の高画質オブリーク画像が使用できれば、がんの位置および広がりを見極めるうえで、頭尾方向(CC)像と類似のアキシャルMIP画像を補うものになる。



5C 造影2.5分後のサジタルInterViews。がん、バックグラウンドの正常な高密度の実質とのコントラストが高い。乳腺密度が高い乳房で常にこのように腫瘍を精細に描出するには、正確なタイミング設定が非常に重要である。



5D STIR併用のコナラ“Whole body”イメージング。この画像では、右腋窩レベル1および2に疑わしいリンパ節が検出されている(矢印)。他の画像で、もっと広範囲に及ぶ結節性病変を認めた。内容物が貯留した嚢胞が肝臓に見られ(オレンジ色の輪郭線)、縦隔にも見られる(中央)。



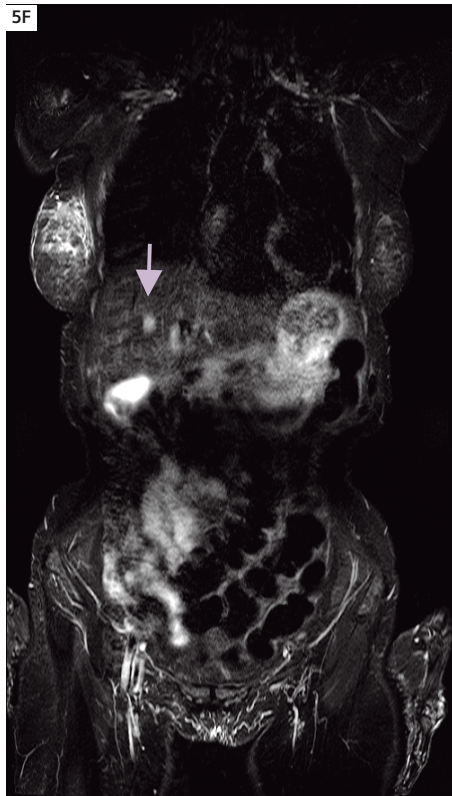
5E B値が250のアキシャル拡散画像。確定診断を得た悪性の腋窩リンパ節に疑わしい信号を検出。拡散画像は病変の検出感度は高いが、分解能は低め。

高信号の辺縁鮮明な肝嚢胞と胆石が示されたほか、肝右葉前区域に1.5cmの孤立性転移が示され(図5F)、PET-CTおよびフォローアップ検査で進行が確認された。疑い通り、高用量化学療法にもかかわらず腫瘍は進行し、患者の予後は不良であった。

コメント

ソフトウェア、グラディエント・アンプ、コイルの著しい改善によって、ダイナミック(動態的)アプローチの長所と形態学的イメージングの長所を1つの検査に組み合わせた、臨床的に有効なハイブリッド乳房MRテクニックが可能になった。浸潤がんおよび非浸潤がんの広がりが容易に確認でき、術前計画の改善、再手術の必要性の減少、病期分類の改善をもたらしている[Beatty and Porter]。さらに“whole-body”MRが加われれば、乳房内腫瘍のサイズ評価(T分類)だけでなく、リンパ節転移および節外転移の検出(NおよびM分類)を行える、乳がんの病期分類ツールとしてのMRの臨床的な有用性および有効性がさらに高まる。近年、乳がんの遺伝子を有する女性、あるいは生涯の乳がん発症リスクが20~25%以上(ACSガイドライン)といった高リスク患者の監視における、MRイメージングの感度の高さが非常に重要視されている。このテクニックを用いれば、高リスク患者を効果的に監視し、予後の良好な小さな腫瘍を早期に診断することができる。

さらに、MRによる対側腫瘍の検出は、患者の病的状態や管理、外科的な意志決定に著しい影響を及ぼし、医療費の削減や、従来の方法では検出されない潜在がんによるリスクの低下をもたらす。近年では、MRによって全症例の3%以上で対側の潜在がんが検出されるとの報告がある[Lehman]。これだけで、新規に乳がんと診断された場合、特に乳房温存を考慮に入れる場合は、必ず乳房MRの実施を考慮すべきであるという大きな理由になる。高リスク患者群は他にも特定されており、症例3のように小さながんの早期検出において、MRが決定的な役割



5F コロナルSTIRによる全身病期分類。肝臓中央(矢印)に病変を検出し、図5Eの嚢胞よりも低信号であったが異常であり、早期肝転移と確定された。右乳腺組織に浮腫(高信号)、腫瘍に皮膜を認め、病理学的診断で脈管浸潤とされた。

を果たす可能性がある。最近では、より良いテクノロジーによって非浸潤がんの検出が大幅に改善されたとの報告もある[Kuhl, Lancet]。

現在の乳房および全身の造影MRは確かに極めて高性能であるが、MRのハードウェアおよびソフトウェアは進歩し続けており、検査手法やCAD評価、読影の改善も期待できる。本稿の検査法は実施および読影の両面で熟練を要する。したがって、この極めて重要な手技のトレーニングを、その独自の臨床特性も含めて放射線科の医師および技師に行う必要があり、現在も継続して行っている。

参考文献

- 1 Beatty J, Porter B. Contrast-enhanced breast magnetic resonance imaging: the surgical perspective. *Am J Surg* 193;5:600-605.
- 2 Kuhl CK, Schrading S, Bieling HB, Wardelmann E, et al. MRI for diagnosis of pure ductal carcinoma in situ: a prospective observational study. *Lancet* 2007;370:485-92.
- 3 Lehman CD, Gatsonis C, Kuhl CK, Hendrick RE, et al. MRI evaluation of the contralateral breast in women with recently diagnosed breast cancer. *N Engl J Med* 356;13:1295-1303, March 29, 2007.
- 4 Saslow D, Boetes C, Burke W, Harms S, et al. American Cancer Society Guidelines for Breast Screening with MRI as an Adjunct to Mammography. *CA Cancer J Clin* 2007;57:75-89.

乳房MRIにおける拡散強調イメージング - 特異度を高める簡単な方法

Dr. Evelyn Wenkel, M.D.¹; Dr. Christian Geppert, Ph.D.²; Prof. Dr. Michael Uder, M.D.¹; Dr. Berthold Kiefer, Ph.D.²; Prof. Dr. Werner Bautz, M.D.¹; Dr. Rolf Janka, M.D.¹

¹University Hospital Erlangen, Radiology, Erlangen, Germany
エアランゲン大学病院放射線科(ドイツ・エアランゲン)

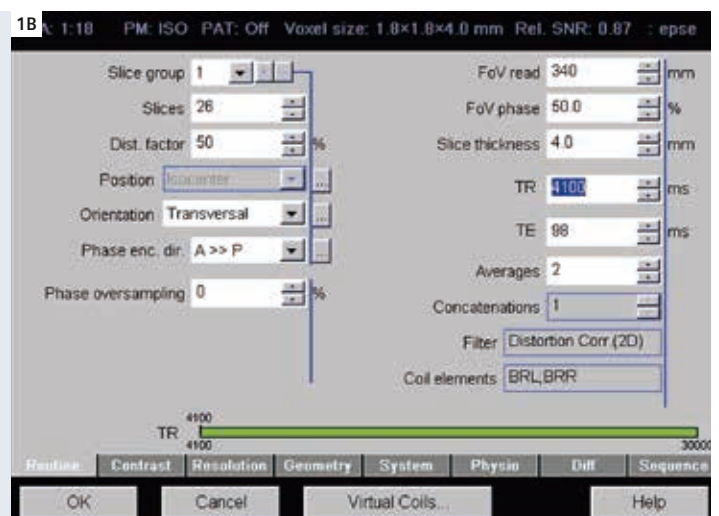
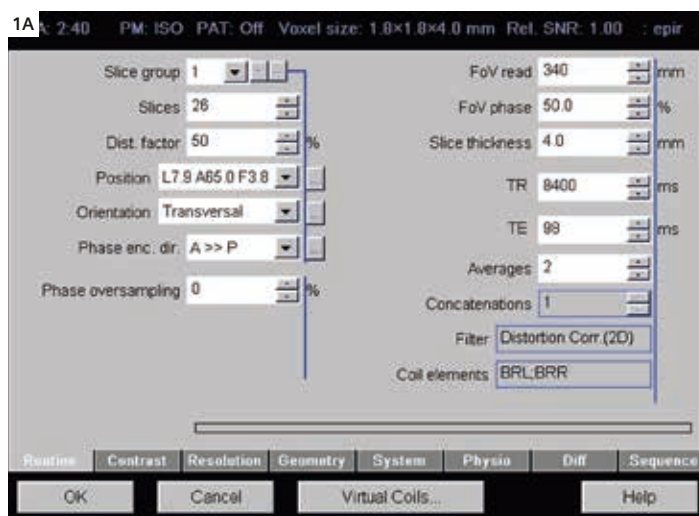
²Siemens Medical Solutions, Erlangen, Germany
シーメンスメディカルソリューションズ(ドイツ・エアランゲン)

はじめに

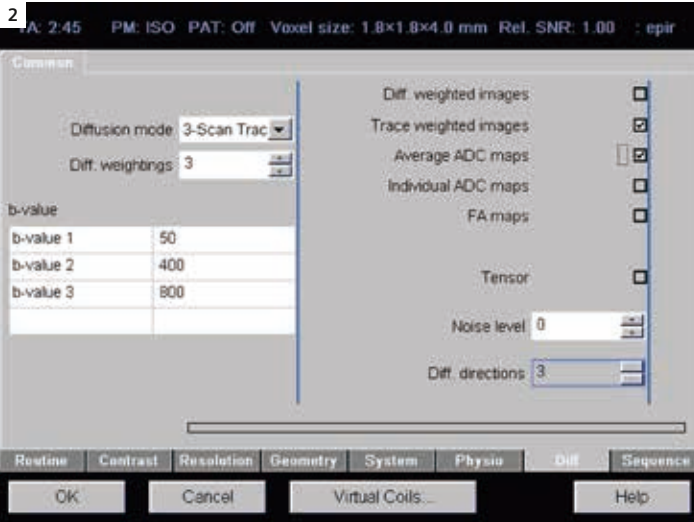
典型的な乳房の磁気共鳴イメージング(MRI)は、乳房ダイナミックMRIにおける病変の造影パターンと形態学的な変化が基礎になっている[1,3]。この2つの評価基準を用いた乳房MRIによる悪性乳房病変の検出感度は約85.99%である[1,10]。しかし、これらの評価基準は良性病変と重なる部分があるため、報告されている特異度は40~80%程度である[1,10,11]。いっぽう、乳房MRIの特異度は拡散強調(DW)シーケンスを用いて高めることが可能であるとする学会抄録や論文が増えつつある[12,16]。DW MRIは、励起から信号測定までの期間における分子のランダムな運動によって、結果的に測定される信号の強度が低下するという原理に基づいている。適切なパルス・シーケンスを用いれば(例えば、バイポーラ・

グラディエント・パルス)を1方向または複数方向に使用)、特定の方向における、拡散による信号の低下を測定することができる。正常な組織では信号が大幅に低下するのに対して、高密度の腫瘍細胞など、分子の運動が制限されている領域は信号低下が小さく、拡散強調画像で明るく示される。組織内の水の拡散を表す値を、見かけの拡散係数(ADC)と呼ぶ。拡散強調画像をもとに、各スライス、各ボクセルのADC値を示すADCマップを計算することができる。細胞密度の高い腫瘍では水分子の運動が制限され、ADC値の減少を招く[13]。一部の臓器(特に脳)では拡散の方向が重要な情報になり、例えば多方向の拡散テンソル・イメージングによる神経線維の追跡に利用することができる。しかし、腫瘍の場合はどの方向

でも拡散が大幅に制限されているので、1方向の乳房DWI測定を行うだけで十分である。ほとんどの場合、拡散グラディエントはエコー・プランナー・イメージング(EPI)シーケンスに組み込まれ、拡散の制限された領域のほかに、脂肪組織も高信号になる。さらに、水信号に比べて、脂肪信号はケミカル・シフトが反映される方向に位置がずれる。このため、拡散強調画像で病変を同定するには、脂肪信号抑制法が必要になる。脂肪抑制法には主に2つの選択肢がある。すなわち、スペクトル選択的な脂肪抑制法(fs)と、短い反転時間の180°プリパルスによる方法(STIRまたはTIRM)である。いずれの方法もsyngo MR B13で用いることができる。我々の方法では、拡散グラディエントを組み込んだ



1 拡散強調 EPI STIR(A)と拡散強調EPI fs (B)のシーケンス・カード



2 Diffusion カードの
パラメータ

乳房DWI の結果

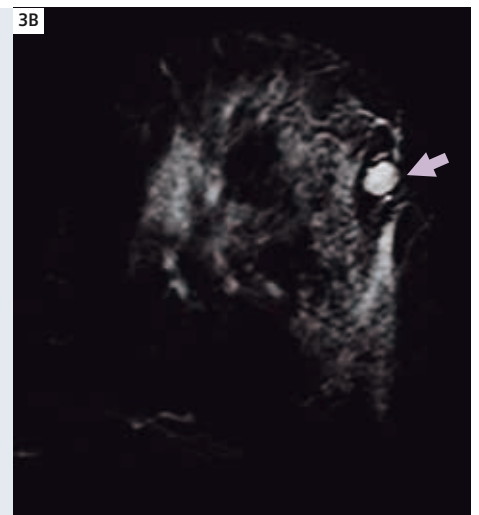
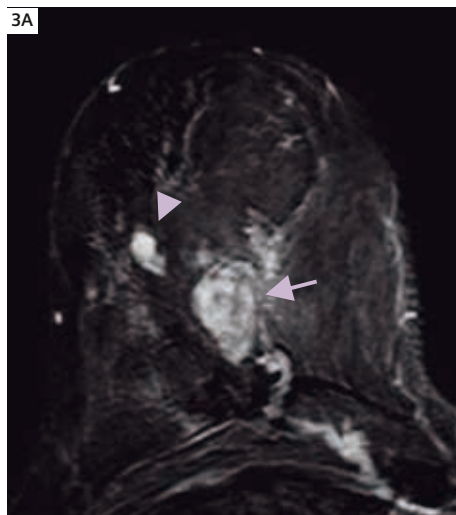
患者56例を対象とし、組織学的に確定された5mmを超える病変69例によるパイロット・スタディでは、DW-MRIによる評価が不可能であった病変は69例中5例のみであった[17]。その5例のうち3例は、どのDWIシーケンスでも視認できなかったため、ADCマップのマッチングが不可能であった。これらの病変の組織学的所見は、隔壁によって9mmと6mmの腫瘍部分に2分割された浸潤性小葉がん1例、MRI上で最大直径が10mmの浸潤性乳管がん再発1例、7mmの管状・小葉型浸潤がん (tubulolobular invasive carcinoma) 1例であった。患者2例においては、体動のためDWI画像の評価が不可能であった。最終的に、患者51例(年齢50±15歳)の限局した占拠性病変64例(良性15例、悪性49例)についてADC値を測定した。評価した病変の最大直径の平均は17±10mmであった(良性17±10mm、悪性17±10mm)。ADC値を計算するためのROIのサイズは24±11mm²であった(良性27±13mm²、悪性23±10mm²)。病変およびROIのサイズに関して、良性・悪性腫瘍の間で統計学的な差はなかった。DW EPI STIRシーケンスについては、b=50シーケンスとb=800シーケンスとの間で生じた患者の体動の

EPIパルス・シーケンスを用い、アキシャル・スライス方向のDW画像を撮像する。インバージョン・リカバリー法による拡散強調EPI (DW EPI STIR) のTR/TE/TIは8400/98/180msである(図1A)。スペクトル選択的な脂肪抑制法による拡散強調EPI (DW EPI fs) はTR=4100ms、TE=98msecでスキャンを行う(図1B)。いずれのシーケンスでも、FoVは340×170mm、マトリクスは192×96、スライス厚は4mmである。造影剤によるT1緩和時間の短縮のために反転時間が変化し、強い影響を及ぼす可能性があるため、DWシーケンスはダイナミック・スキャンの前に用いる。すべてのDW測定について、アベレージは2、スライス枚数は26、b値は50、400および800で計算モードは3-Scan Traceを用い、拡散テンソルの対角成分Dxx、Dyy、Dzzの和を各スライス位置および各b値について計算する(図2)。MAGNETOM Avanto スキャナでは、DW EPI STIRの撮像時間が2分40秒、DW EPI fsの撮像時間が1分18秒である。ADCマップはb=50、b=400、b=800の画像をもとにスキャナ内蔵ソフトウェアで自動的に計算される。前述のように、拡散グラディエントは1方向のみで十分な結果が得られると考えている。

画像の解析

画像の解析は従来の乳房MRIと同様に開始する。ダイナミック・スキャン(図3)で病変が描出された場合は、それに対応する拡散強調画像で確認しなければならない。第2ステップでは、b=800のDWIで病変の中心に関心領域(ROI)を描き、それをADCマップ(図4)にコピーする。スキャナ内蔵ソフトウェアがADC値(×10⁻³mm²/s)に相当するROI内の平均値を示す。病変がb=800画像で視認できない場合は、b=400またはb=50の画

像で病変の位置が特定されることもある。病変がb=50、b=400、b=800のどの画像でも視認できない場合は、ADC値を評価することができない。5mm未満の病変や中心壊死を伴う病変、造影される境界部分が5mm未満の場合は、DWIでの描出が困難であったり、誤ったADC値になったりすることが多い。そのため、このような病変のDWIによる評価は推奨しない。



3 ダイナミック造影シーケンスのサブトラクション画像: (A) 45歳女性、触知可能な腫瘍1個と境界不明瞭な疑わしい病変2個を有する。不均一に造影される大きな病変(細い矢印)と、ほぼ均一に造影される触知不可能な小さな病変を認める。(B) 41歳女性、マンモグラフィにて疑わしい病変を認め、上外側4分の1(太い矢印)に細い線状の病変が描出されている。

表1: DW シーケンスで評価した病変69例の組織学的診断

組織学的診断, N = 69	IDC	ILC	DCIS	Rare	FA	FD	BP	合計
評価	39	6	1	3	8	6	1	64
評価せず	2	2	0	1	0	0	0	5

IDC:浸潤性乳管がん、ILC:浸潤性小葉癌、DCIS:非浸潤性乳管がん、Rare:まれな悪性腫瘍(髄様がん、管状がん、癌肉腫、血管肉腫)、FA:線維腺腫、FD:線維嚢胞性疾患、BP:良性葉状腫瘍

表2: 2種類のMR拡散強調シーケンスで評価した全病変(b=良性、m=悪性)の見かけの拡散係数(ADC)値($10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$)

	n		ADC 値 ($10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$)							
			平均値 ± SD		最大値		最小値		95% CI	
	b	m	b	m	b	m	b	m	b	m
DW EPI STIR	15	45	1.92 ± 0.53	0.91 ± 0.24	3.20	1.43	1.10	0.35	1.62-2.22	0.83-0.98
DW EPI fs	15	49	1.76 ± 0.42	0.90 ± 0.18	2.58	1.19	1.21	0.34	1.53-2.00	0.85-0.96

SD: 標準偏差、EPI STIR: echo planar imaging with short time inversion recovery, EPI fs: echo planar imaging with spectral fat saturation.

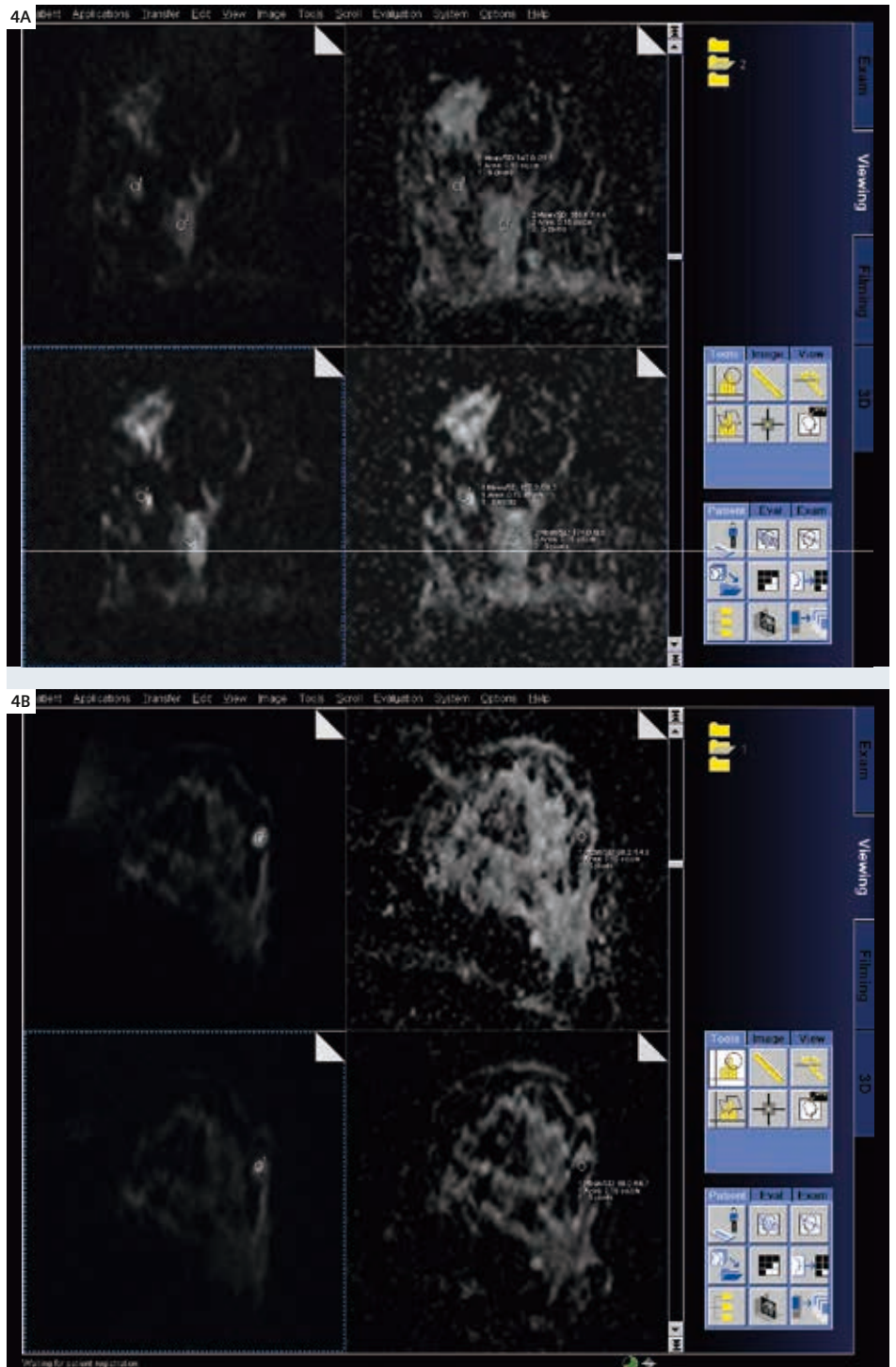
ため、4例のADC値を正しく評価することができなかった。したがって、DW EPI STIRシーケンスでは60例、DW EPI fs シーケンスでは64例の病変のADC値を評価した(表2)。病変の描出は、EPI STIRシーケンスよりもEPI fs シーケンスのほうが有意に優れていた。平均ADC値は、良性病変で 1.92 ± 0.53 および 1.76 ± 0.42 ($\times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$)、DW EPI STIR およびDW EPI fsの値)、悪性病変で 0.91 ± 0.24 および 0.90 ± 0.18 ($\times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$)であった。ADC値は、いずれのDWシーケンスでも良性・悪性病変の間で大きな有意差があった。DW EPI STIRシーケンスにおけるADC値の範囲は、良性病変で $1.10 \sim 3.20 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ (95%CI: $1.62 \sim 2.22 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$)、悪性病変で $0.35 \sim 1.43 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ (95% CI: $0.83 \sim 0.98 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$)であった(表2)。DW EPI STIRシーケンスにおける閾値を $1.26 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ と仮定すると、良性病変15例中1例、悪性病変45例中1例が誤診となる。DW EPI fsシーケンスにおけるADC値の範囲は、良性病変で $1.21 \sim 2.58 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ (95%CI: $1.53 \sim 2.00 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$)、悪性病変で $0.34 \sim 1.19 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ (95%CI: $0.85 \sim 0.96 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$)であった。DW EPI fsシーケンスにおいて、良性・悪性病変のADC値の重なりはなかった。

考察

マンモグラフィ、超音波撮影、MRIによる乳房病変の検出感度は、過去数年の技術的な進歩によって向上している。乳腺密度が高い場合は、デジタル・マンモグラフィのほうが病変の検出感度が高いと思われる[18]。超音波撮影[19]およびMRIでは、空間分解能の向上が検出率の向上につながる。しかし、検出された病変の性状診断は困難なことがある。これまでのところ、乳房MRIは形態学的な基準、造影動態、T2緩和特性によって解析されている。しかし、これらの基準はすべて良性・悪性病変の間で重なりが見られる[2,4,20-22]。このような状況では、疑わしい病変の性状を特定する追加機能があれば、侵襲的な乳房手技の件数を減らすのに有用であろう。この問題は過去の乳房MRIおよびDWIによる研究ですでに扱われており、有望な結果が示されている[13,15]。我々の研究では、EPI STIRシーケンスおよびEPI fsシーケンスという、2種類のDWシーケンスを比較した。いずれのDWシーケンスも、良性・悪性の乳房病変の間でADC値に有意差があることが判明した。両方のシーケンスを比較すると、DW fs シーケンスにおいては良性・悪性乳房病変のADC値の重なりがなかった。

DW EPI STIR シーケンスにおいては、閾値を $1.26 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ と仮定すると、60例中2例の病変(良性1例および悪性1例)の分類が誤りであることになる。われわれの見解では、DWIの解析においてはROIの配置が非常に重要である。過去のほとんどの研究は、ダイナミック造影シーケンスのサブトラクション画像に直接ROIを配置している。しかし、ダイナミック造影シーケンスにおける病変の位置は、EPI画像の歪みや、DWシーケンスとダイナミック造影シーケンスとの間で生じた患者の体動のため、DW画像と必ずしも同じではない。このため、特に小さな病変ではROIの配置が不適切になる可能性がある。この問題を克服するための、最も簡単で、おそらく最も正確なADC値の評価方法は、造影シーケンスで病変の位置を特定し、対応するDWI上の病変とマッチングを行い、DWI上にROIを設定してそれをADCマップにコピーする方法である(図4)。この方法を用いれば、DWシーケンスによる病変の描出はADC測定において重要な役割を果たす。病変の描出という点では、EPI STIR シーケンスよりもEPI fsシーケンスのほうが有意に優れていた。このことは、スペクトル選択的な

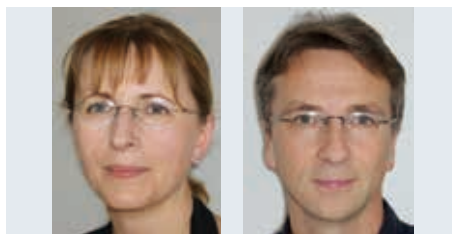
脂肪抑制法とは対照的にインバージョン・リカバリー法で見られる、信号・ノイズ比 (SNR) の減少によって説明することができる。病変の描出はADCマップにも影響を及ぼす可能性がある。ADCマップを計算するに、 $b=50$ 、 $b=400$ 、 $b=800$ のDWIをボクセル単位で解析する。3種類すべてのDWIで病変の描出が良好であれば、その病変のADCマップは境界明瞭で均一になるはずであり、その逆もまた然りである。我々の研究では、DW EPI fsシーケンスのほうが描出が良好であり、それに一致して、ADC測定においてROI内の標準偏差が有意に低かった。乳房のDW MRIにはいくつかの制限がある。3種類のDWシーケンスによる撮像の間に患者が動けば、ADC値は正しくなくなる。我々の研究では、患者の体動のため、EPI STIRシーケンスでスキャンした病変4例を評価から除外した。EPI STIRシーケンスの撮像時間がEPI fsシーケンスに比べて長く(2分40秒と1分18秒)、体動が生じやすいことが原因かもしれない。しかし、DWIは最良の条件下でも乳房病変の分類を誤ることがある。DWIで描出することができず、ADCマップでROIの正確な位置を決定できない病変もある。我々の研究では、69例中3例の病変がDWIで描出されず、評価することができなかった。5mm未満の病変を解析する場合は、その比率が高まるであろう。ただし、Liebermanらによると、5mm未満の病変はがんである可能性が低いという[23]。中心壊死を伴う悪性病変は、しばしば壊死領域が高いADC値を示し[24, 25]、病変の境界が薄すぎてROIを正しく配置できない可能性がある。DCISにしばしば見られるような非限局性の占拠性病変は、腫瘍がびまん性であることやパーシャル・ボリューム効果によって、ROIが小さくてもDWIでは正しく分類されない可能性がある[15]。粘液性がん腫のような、T2強調画像で信号強度が非常に高いがんは、典型的な乳管内がんとは腫瘍細胞密度が異なることから、誤ったADC値になる可能性がある[26]。これらの制限はあるものの、乳房DWIは高速かつ簡単な方法で限局性乳房病変の性状診断に追加情報をもたらすものであり、侵襲的技法の減少に役立つことが期待される。



4 図3の病変に対応するDWI ($b=800$ 、左側)とADCマップ(右側)。上段はDW EPI fs、下段はDW EPI STIR。関心領域を病変の中心に描き、ADCマップにコピーしている。(A) 大きい病変のADC値はEPI fsシーケンスおよびEPI STIRシーケンスで $1.7 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ 。小さい病変のADC値は $1.5 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ (EPI fs) および $1.4 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ (EPI STIR)。いずれも組織学的診断は線維腺腫。(B) 孤立性病変のADC値は 1.0 および $0.9 (\times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s})$ 、DW EPI fs およびDW EPI STIRの値)。組織学的診断は浸潤性乳管がん。

結語

EPI fsシーケンスおよびEPI STIRシーケンスによる乳房のDW MRIは、乳房病変の良性・悪性鑑別に大きな可能性を秘めている。病変の描出が有意に優れていること、選択性が高いこと、撮像時間が短いことから、DW EPI fsシーケンスのほうが優れている。



著者近影: University Hospital Erlangen, Radiology, Erlangen, Germany (エアランゲン大学病院放射線科、ドイツ・エアランゲン)のDr. Evelyn Wenkel M.D. (左) およびDr. Rolf Janka, M.D. (右)

参考文献

- Macura KJ, Ouwkerk R, Jacobs MA, et al. Patterns of enhancement on breast MR images: interpretation and imaging pitfalls. *Radiographics* 2006; 26:1719-1734; quiz 1719.
- Schnall MD, Blume J, Bluemke DA, et al. Diagnostic architectural and dynamic features at breast MR imaging: multicenter study. *Radiology* 2006; 238:42-53.
- Szabo BK, Aspelin P, Wiberg MK, et al. Dynamic MR imaging of the breast. Analysis of kinetic and morphologic diagnostic criteria. *Acta Radiol* 2003; 44:379-386.
- Bluemke DA, Gatsonis CA, Chen MH, et al. Magnetic resonance imaging of the breast prior to biopsy. *Jama* 2004; 292:2735-2742.
- Wiener JL, Schilling KJ, Adami C, et al. Assessment of suspected breast cancer by MRI: a prospective clinical trial using a combined kinetic and morphologic analysis. *AJR Am J Roentgenol* 2005; 184:878-886.
- Bedrosian I, Mick R, Orel SG, et al. Changes in the surgical management of patients with breast carcinoma based on preoperative magnetic resonance imaging. *Cancer* 2003; 98:468-473.
- Heywang-Kobrunner SH, Bick U, Bradley WG, Jr., et al. International investigation of breast MRI: results of a multicentre study (11 sites) concerning diagnostic parameters for contrast-enhanced MRI based on 519 histopathologically correlated lesions. *Eur Radiol* 2001; 11:531-546.
- Kaiser WA. [Magnetic resonance tomography of the breast. The results of 253 examinations]. *Dtsch Med Wochenschr* 1989; 114:1351-1357.
- Kinkel K, Helbich TH, Esserman LJ, et al. Dynamic high-spatial-resolution MR imaging of suspicious breast lesions: diagnostic criteria and interobserver variability. *AJR Am J Roentgenol* 2000; 175:35-43.
- Kuhl CK, Mielcarek P, Klaschik S, et al. Dynamic breast MR imaging: are signal intensity time course data useful for differential diagnosis of enhancing lesions? *Radiology* 1999; 211:101-110.
- Fischer U, Kopka L and Grabbe E. Breast carcinoma: effect of preoperative contrast-enhanced MR imaging on the therapeutic approach. *Radiology* 1999; 213:881-888.
- Sinha S, Lucas-Quesada FA, Sinha U, et al. In vivo diffusion-weighted MRI of the breast: potential for lesion characterization. *J Magn Reson Imaging* 2002; 15:693-704.
- Guo Y, Cai YQ, Cai ZL, et al. Differentiation of clinically benign and malignant breast lesions using diffusion-weighted imaging. *J Magn Reson Imaging* 2002; 16:172-178.
- Rubsova E, Grell AS, De Maertelaer V, et al. Quantitative diffusion imaging in breast cancer: a clinical prospective study. *J Magn Reson Imaging* 2006; 24:319-324.
- Woodhams R, Matsunaga K, Iwabuchi K, et al. Diffusion-weighted imaging of malignant breast tumors: the usefulness of apparent diffusion coefficient (ADC) value and ADC map for the detection of malignant breast tumors and evaluation of cancer extension. *J Comput Assist Tomogr* 2005; 29:644-649.
- Kuroki Y, Nasu K, Kuroki S, et al. Diffusion-weighted imaging of breast cancer with the sensitivity encoding technique: analysis of the apparent diffusion coefficient value. *Magn Reson Med Sci* 2004; 3:79-85.
- Wenkel E, Geppert C, Schulz-Wendtland R, et al. Diffusion weighted imaging in breast MRI comparison of two different pulse sequences. *Acad Radiol* 2007; 14:1077-1083.
- Pisano ED, Gatsonis C, Hendrick E, et al. Diagnostic performance of digital versus film mammography for breast-cancer screening. *N Engl J Med* 2005; 353:1773-1783.
- Schulz-Wendtland R, Bock K, Aichinger U, et al. [Ultrasound examination of the breast with 7.5 MHz and 13 MHz-transducers: scope for improving diagnostic accuracy in complementary breast diagnostics?]. *Ultraschall Med* 2005; 26:209-215.
- Bartella L, Liberman L, Morris EA, et al. Nonpalpable mammographically occult invasive breast cancers detected by MRI. *AJR Am J Roentgenol* 2006; 186:865-870.
- Kuhl CK, Klaschik S, Mielcarek P, et al. Do T2 weighted pulse sequences help with the differential diagnosis of enhancing lesions in dynamic breast MRI? *J Magn Reson Imaging* 1999; 9:187-196.
- Nunes LW, Schnall MD and Orel SG. Update of breast MR imaging architectural interpretation model. *Radiology* 2001; 219:484-494.
- Liberman L, Mason G, Morris EA, et al. Does size matter? Positive predictive value of MRI-detected breast lesions as a function of lesion size. *AJR Am J Roentgenol* 2006; 186:426-430.
- Chang SC, Lai PH, Chen WL, et al. Diffusion-weighted MRI features of brain abscess and cystic or necrotic brain tumors: comparison with conventional MRI. *Clin Imaging* 2002; 26:227-236.
- Dorenbeck U, Butz B, Schlaier J, et al. Diffusion-weighted echo-planar MRI of the brain with calculated ADCs: a useful tool in the differential diagnosis of tumor necrosis from abscess? *J Neuroimaging* 2003; 13:330-338.
- Kawashima M, Tamaki Y, Nonaka T, et al. MR imaging of mucinous carcinoma of the breast. *AJR Am J Roentgenol* 2002; 179:179-183.

Arterial Spin Labeling (syngo ASL)

名古屋大学における症例報告

二橋尚志¹、長縄慎二²

¹名古屋大学 医学部 放射線科 (愛知県)

²名古屋大学大学院医学系研究科 分子総合医学専攻高次医用科学講座量子医学分野 (愛知県)

症例1

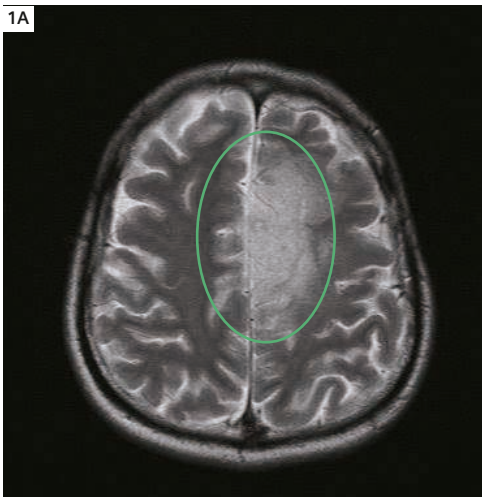
患者の病歴

40歳男性。左前頭葉の脳腫瘍のため手術を受けた。術後に化学療法を実施した。脳腫瘍の再発を疑った。2回目の手術を実施し、左前頭葉の脳腫瘍を切除した。病理学的診断は神経膠腫、WHOグレード3であった。

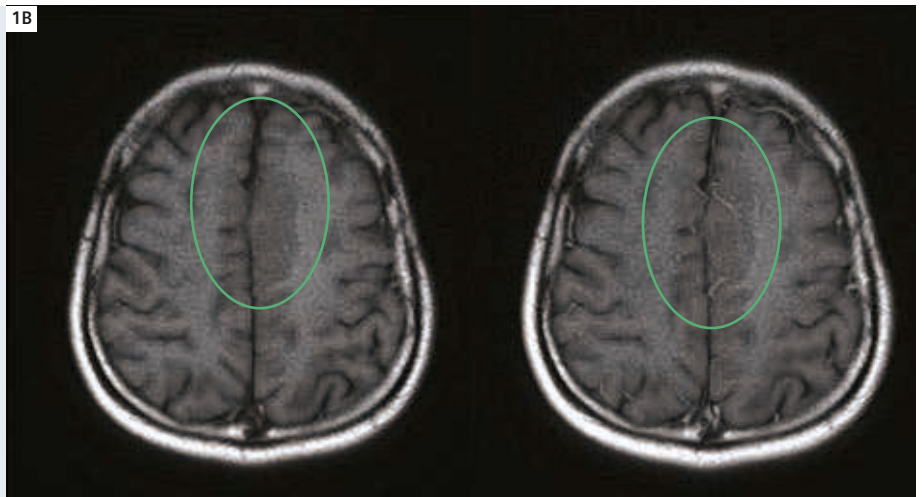
画像所見/結果

T2強調アキシャル画像にて、初回手術による欠損部位に近い左前頭葉の内側部に異常信号強度域を認める。2か月前のMRIと比較して拡大しており、この腫瘍内での部分に対応するコントラスト増強は認められない。この腫瘍内で相対的脳血流量 (rCBF) は増加していた。これらの所見から、この腫瘍がグレード2であると診断することはできず、グレード3を疑った。ASLに関して、3Tと1.5Tで有意な差はなかった。

3T MAGNETOM Trioによる25スライスおよび9スライスのASLの撮像時間は、それぞれ4分40秒および1分2秒*である。1.5T MAGNETOM Avantoによる9スライスのASLの撮像時間は4分22秒*である。シーメンス独自のマルチスライスASLシーケンスは、インライン・パーフュージョン強調イメージング (PWI) と局所脳血流量 (rCBF) 処理機能を備えている。

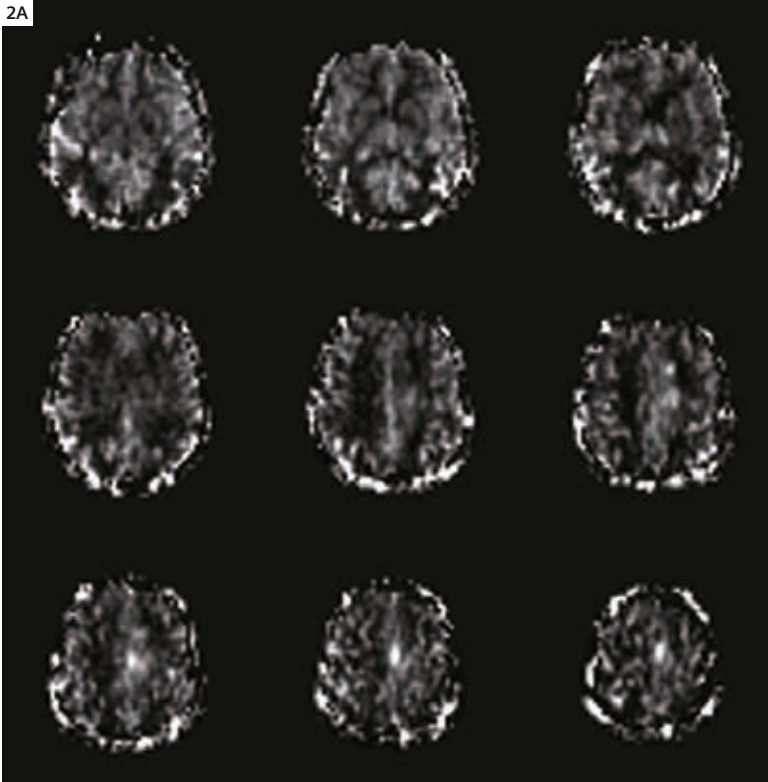


1A T2強調



1B T1強調 (左:造影前、右:造影後)

2A

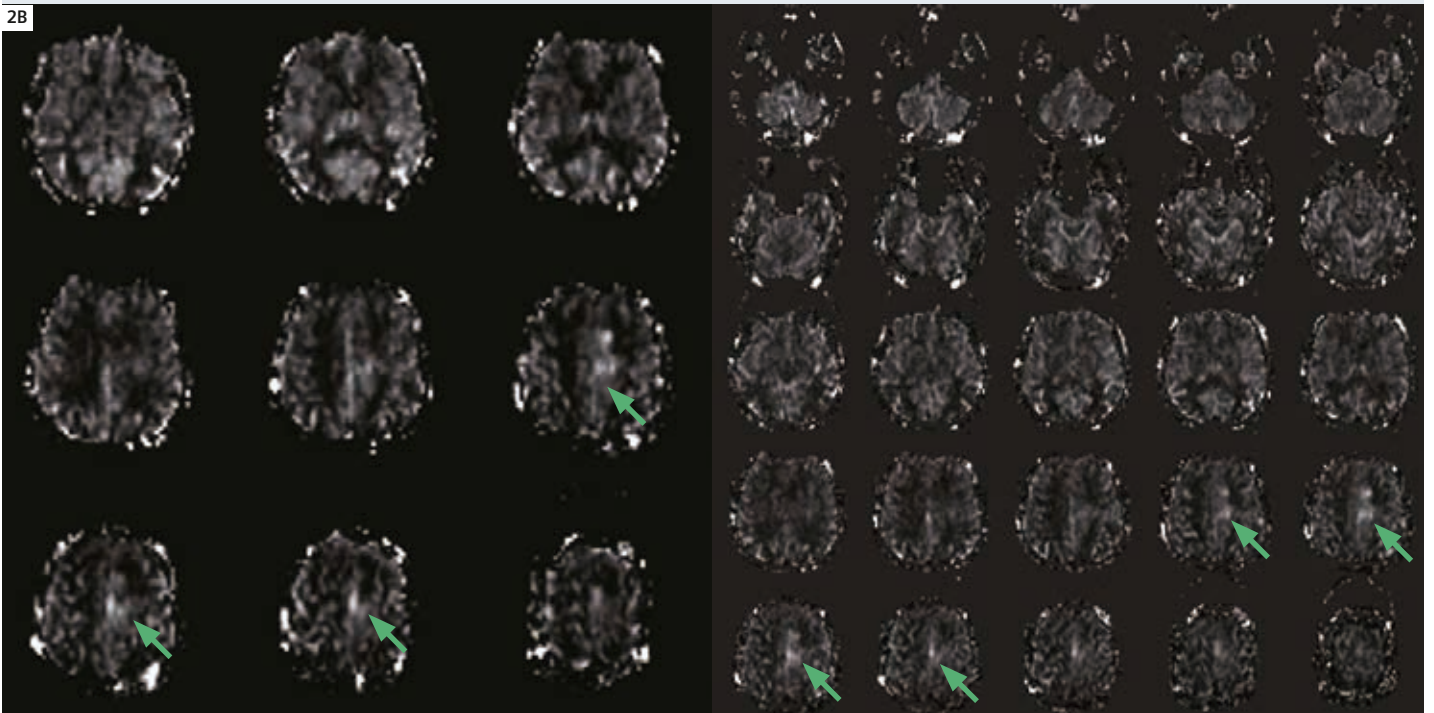


2A 1.5T MAGNETOM AvantoによるrCBF。

2B 3T MAGNETOM TrioによるrCBF。

TR=2500ms, TE=13ms, T11=700ms, T12=1800ms,
T11s=1496ms, TA=1:02, マトリクス64x64, バンド幅
2230Hz/pixel, フリップ角=90°
ASLに関して3Tと1.5Tで有意な差はなかった。

2B



*非公式データ、結果は異なることがある。

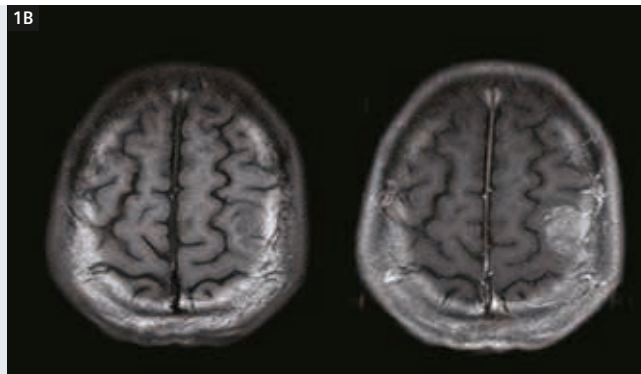
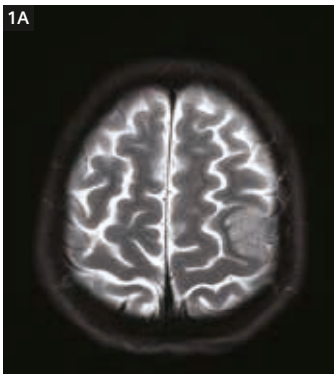
症例2 患者の病歴

59歳男性。最近、構音障害と右口角の運動麻痺を認めた。MRIにて左大脳半球の中心溝の直前の脳回に脳腫瘍があることが判明した。この領域は一次運動野の顔面支配領域である。患者の状態が徐々に悪化したため、この腫瘍の切除を計画した。術前のMRスペクトロスコピー (MRS)、FDG、メチオニンPET所見からは神経膠腫WHOグレード3と予測される。

画像所見/結果

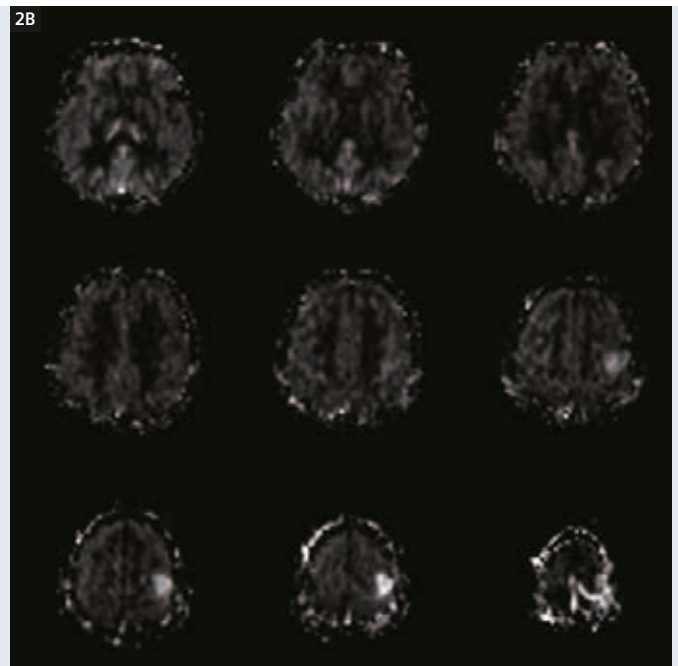
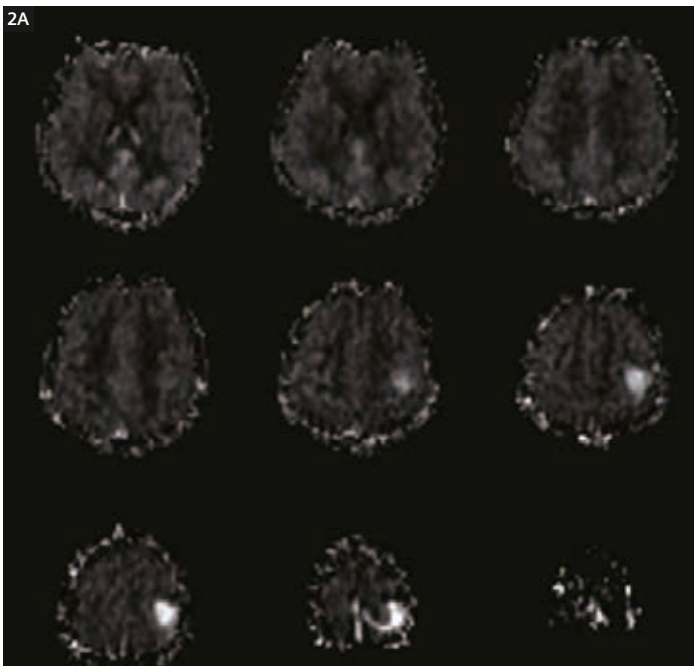
T2強調アキシャル画像にて、左前頭葉の背側部に異常信号強度域を認める。これに対応するコントラスト増強がこの腫瘍内で部分的に認められる。この腫瘍内でrCBFは増加している。MRSは悪性の神経膠腫のパターンを示した。これらの所見から、この腫瘍についてはグレード3の神経膠腫を疑った。病変は3Tでは明瞭に認識できたが、1.5Tではそれほど明瞭ではなかった。

3T MAGNETOM Trioによる25スライスおよび9スライスのASLの撮像時間は、それぞれ4分40秒および1分2秒*である。1.5T MAGNETOM Avantoによる9スライスのASLの撮像時間は4分22秒*である。



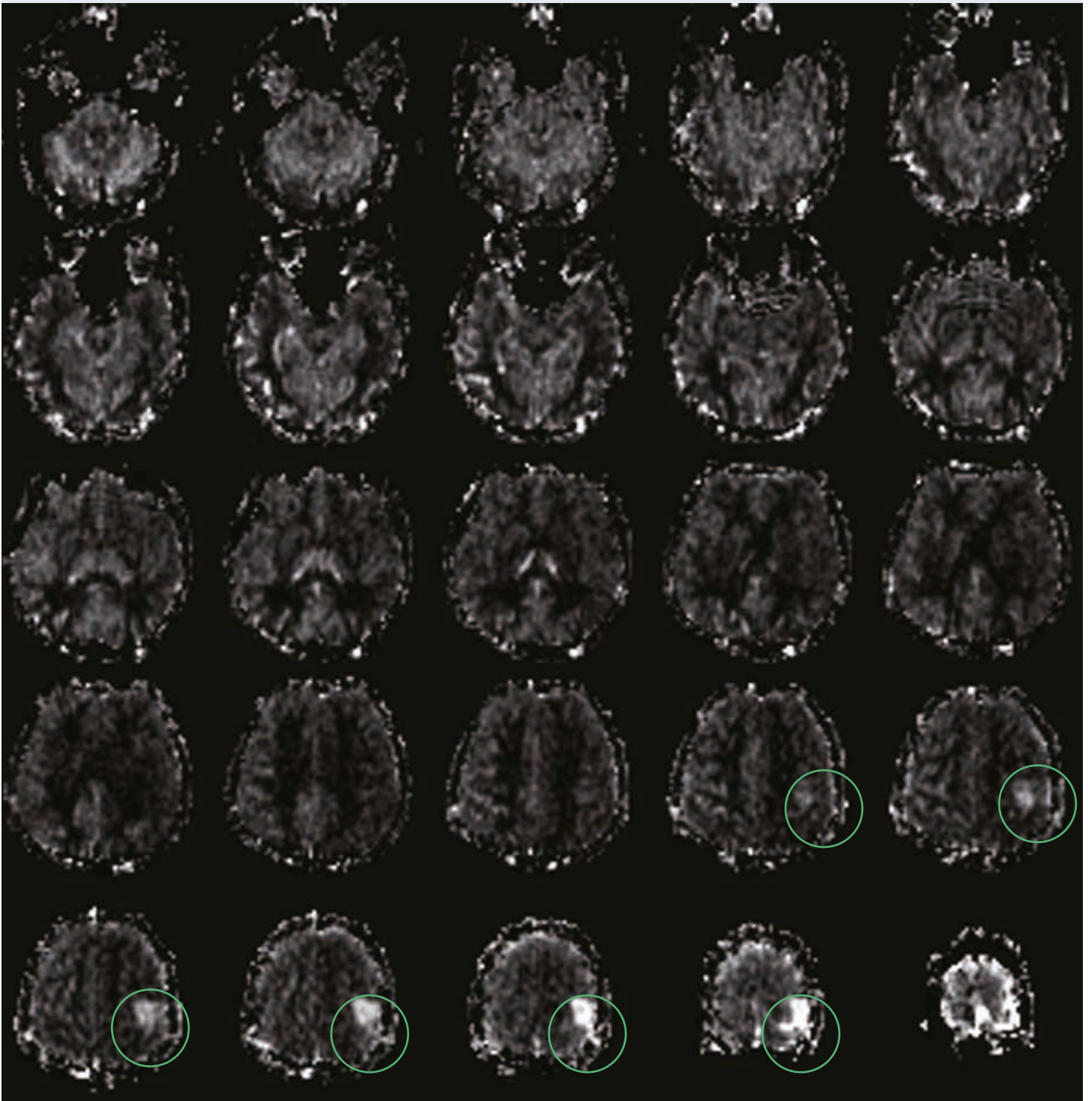
1A T2強調画像。脳腫瘍の位置は一次運動野の中心前回(手支配領域の外側から顔面支配領域)。

1B T1強調画像(左:造影前、右:造影後)。



2A 3T MAGNETOM TrioによるASL。脳腫瘍内でrCBFが増加。
TR=2500ms, TE=13ms, T11=700ms, T12=1800ms, T11s=1496ms,
TA=1:02, マトリクス64x64, バンド幅2230Hz/pixel, フリップ角=90°

2B 1.5T MAGNETOM AvantoによるASL。病変は1.5Tよりも3Tのほうが明瞭に認識できた。



3 3T MAGNETOM TrioによるASL、全脳スキャン。

*非公式データ、結果は異なることがある。

症例3 患者の病歴

66歳男性。最近、左手の運動麻痺を認め、この症状が徐々に悪化した。MRIにて右頭頂葉にリング状に造影される腫瘤性病変が示され、広範囲に脳浮腫を認めた。MRI所見から悪性腫瘍の膠芽腫または転移を疑った。病理学的診断は膠芽腫、WHOグレード4であった。

画像所見/結果

明らかな脳浮腫とともに、リング状に造影される腫瘤を右頭頂葉に認めた。斑点状に造影される領域も認めた。この腫瘍内でrCBFは部分的に増加していると考えられる。これらの所見から、この病変については膠芽腫、転移、脳膿瘍を疑った。拡散強調イメージングで非常に高い信号は認めなかったため、脳膿瘍の可能性は低かった。

直視下生検を実施してグレード4の膠芽腫と判明した。3T MAGNETOM Trioによる25スライスおよび9スライスのASLの撮像時間は、それぞれ4分40秒および1分2秒*である。1.5T MAGNETOM Avantoによる9スライスのASLの撮像時間は4分22秒*である。ASLの結果は3Tと1.5Tで差がない。ただし、撮像時間には大きな差がある。

1

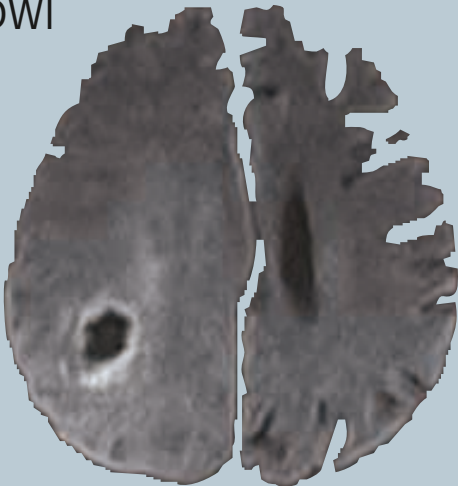
T2WI



T1WI(Gd)



DWI



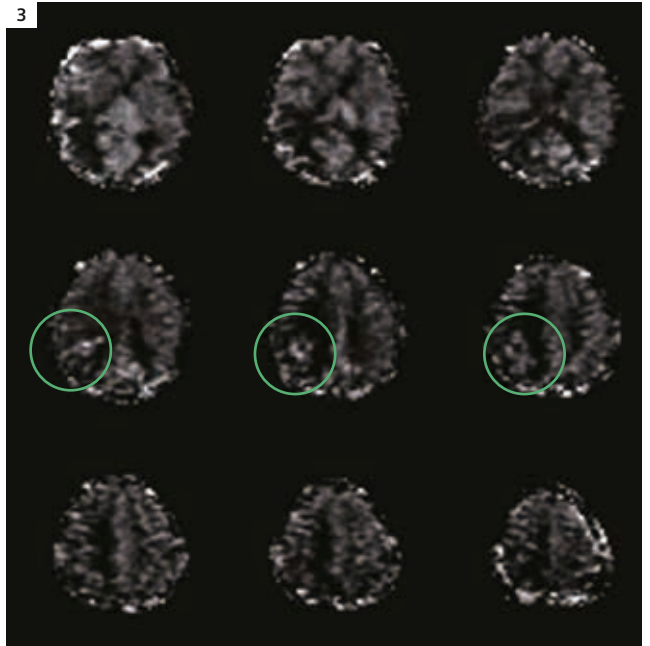
T1WI



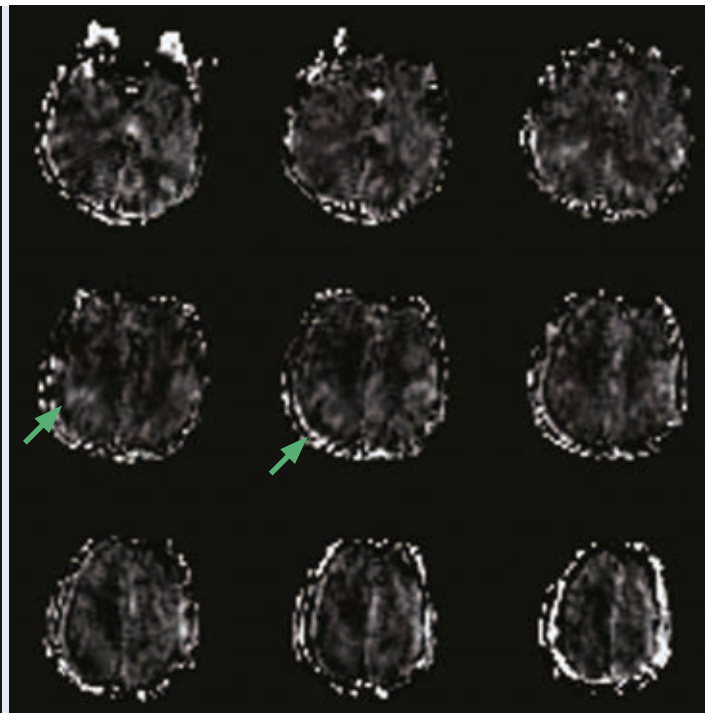
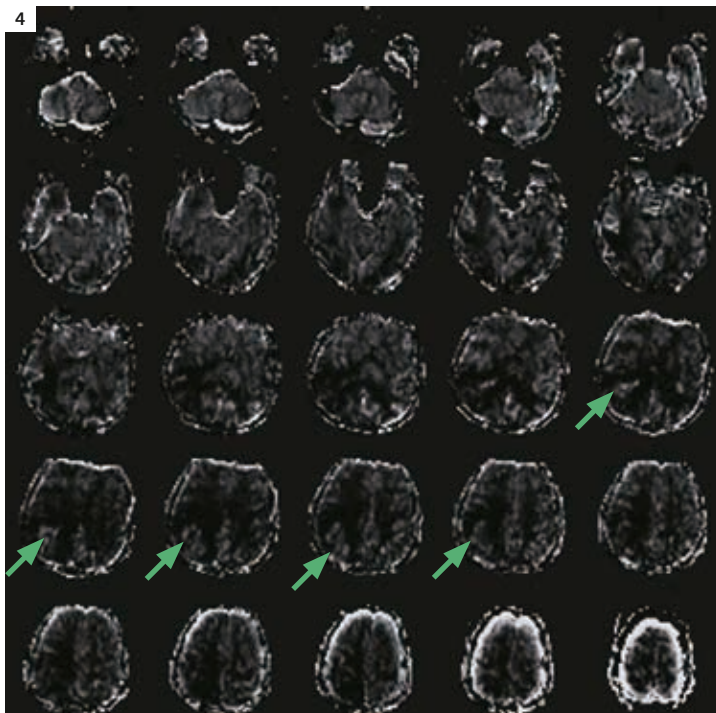
1 明らかな脳浮腫とともに、リング状に造影される腫瘤を右頭頂葉に認めた。斑点状に造影される領域も認めた。これらの所見から膠芽腫、転移、脳膿瘍を疑った。



2 拡散強調イメージングで非常に高い信号は認めなかったため、脳腫瘍の可能性は低かった。この腫瘍内でrCBFは部分的に増加している。

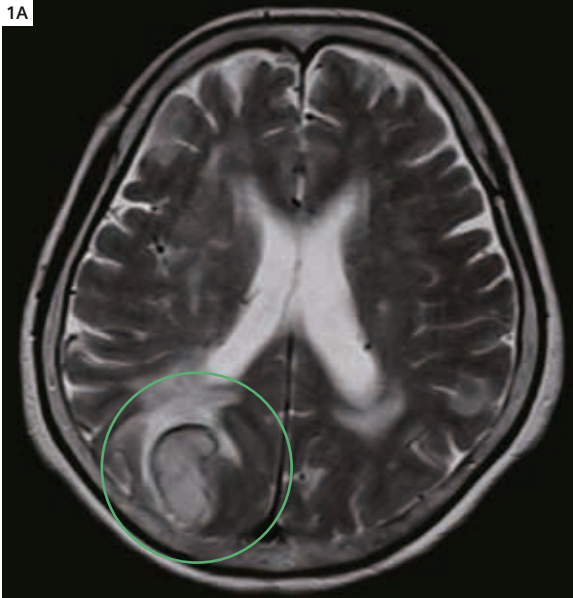


3 1.5T MAGNETOM AvantoによるASL。



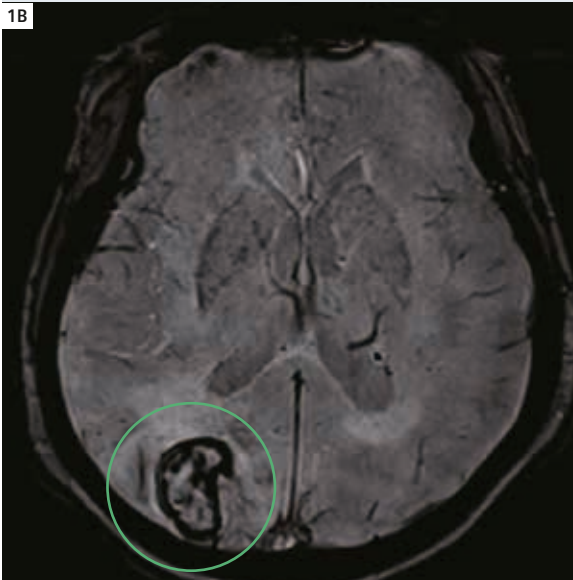
4 3T MAGNETOM TrioによるASL。右側の画像はモーション・アーチファクトのため、ぼけている。3Tと1.5Tで有意な差を認めた。

*非公式データ、結果は異なることがある。



1A
T2強調画像

1B
磁化率強調画像 (syngo SWI)。右頭頂後頭葉に皮質下出血を認めた。出血部位の近傍に脳浮腫を認めたが、圧迫徴候 (mass sign) はそれほど重度ではなかった。左大脳半球に明らかな虚血性病変は認められなかった。



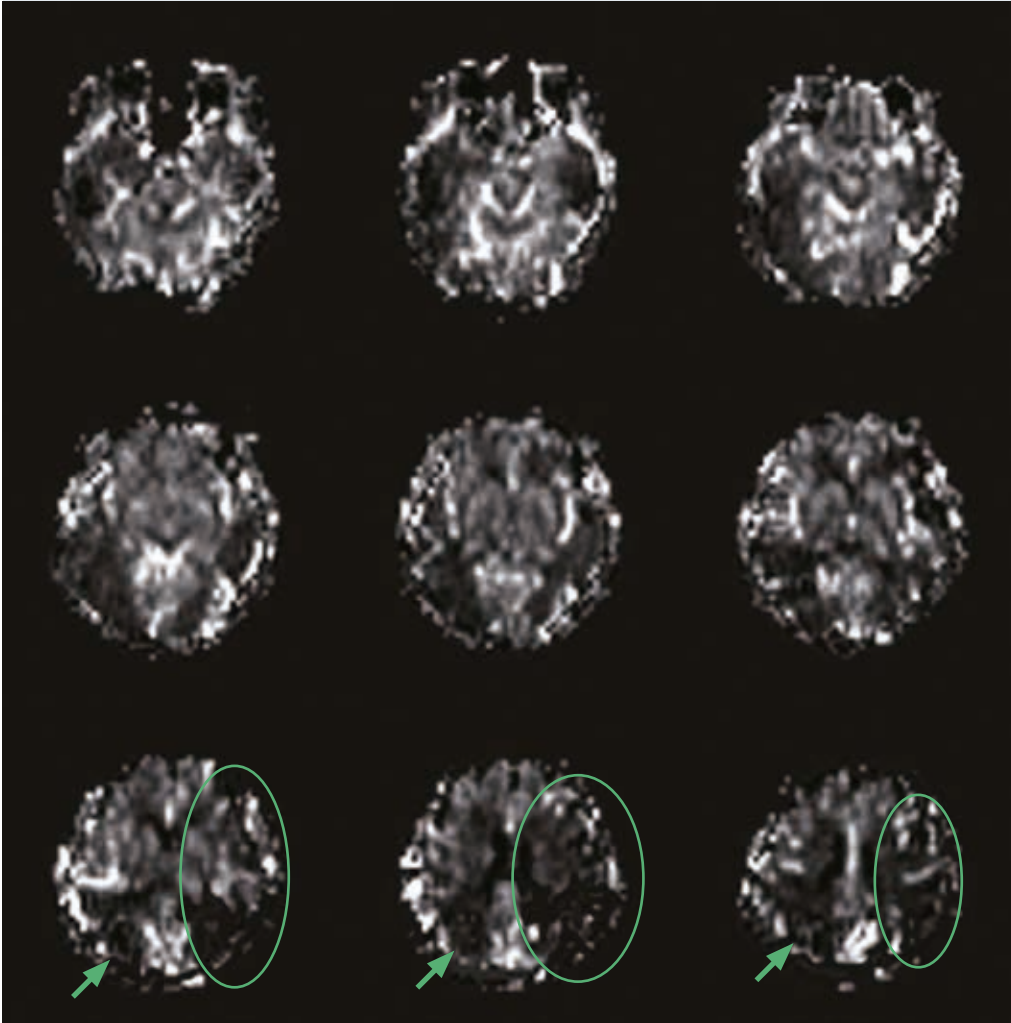
2
MRアンギオグラフィ: 左M1閉塞が疑われた。この患者は右手の運動麻痺は訴えていなかった。

症例4 患者の病歴

65歳女性。意識障害および突然の左不全片麻痺にて救急搬送された。頭部CTにて右頭頂後頭葉に皮質下出血を認めた。患者は集中治療室 (ICU) に入院した。保存的に治療し、フォローアップMRIを実施した。

画像所見/結果

MRIにて右頭頂葉に皮質下出血を認めた。MRアンギオグラフィ (MRA) にて、右大脳半球には血管の異常を認めなかったが、偶然に左M1閉塞が判明した。左中大脳動脈 (MCA) 領域でrCBFが減少している。



3 ASL (Arterial Spin Labeling) : 左中大脳動脈 (MCA) 領域でrCBFが減少している。

*非公式データ、結果は異なることがある。



かつて、科学と芸術の融合が
ルネサンスを生んだ。

いま、3Tと**Tim**の融合が
次の時代を生み出す。

「3Tでルーチン検査」の時代、到来

MAGNETOM Trio

A **Tim** System

3T超高磁場MRIと**Tim**(Total imaging matrix)がついにひとつに融合しました。

これまで研究用レベルに閉じこめられていた3Tパワーを日常の臨床フィールドへと解放つために。

圧倒的な高SNRを臨床に活かす最大16倍速という驚異の撮像スピード。

全身領域をシームレスに捉える、最大181cmの実効FoV。そこから生まれる、ハイスループット性能。

もはや3Tは、限られたアプリケーションのものでも研究用レベルのものでもありません。

3T超高磁場MRIを日常のルーチン検査に。そんな時代が始まりました。

www.siemens.co.jp/healthcare/

Answers for life.

SIEMENS

<http://www.siemens.co.jp/magnetom-world>

世界と、日本と、ユーザーを結ぶ オンラインユーザーコミュニティ MAGNETOM World

Web上でMAGNETOMユーザーを対象にしたコミュニティを展開しています。世界中のユーザーによる最新の臨床例や研究結果がアップロードされ、最新情報や「Phoenix」による撮像パラメータの取得が行えます。(英語版のみ)
なお日本のお客様専用の「MAGNETOM World Japan」サイトも開設しています。

*英語版のURLはこちら>><http://www.siemens.com/magnetom-world>

■■■「MAGNETOM World Japan」サイトへのご登録方法■■■

<http://www.siemens.co.jp/magnetom-world>よりご登録ください。後日、会員ID*をメールにて送信させていただきますので、再度上記サイトへアクセスしていただき、会員IDとパスワードを入力してログインください。なお、ご登録いただいた後からご利用いただけるまでお時間をいただくことがございますので、予めご了承ください。

*会員IDはご登録いただいた時点で個別に発行されるIDとなります。1ユーザーにつき1IDとなります。

MAGNETOM Flashに記載されている情報は、説明のみを目的としたものであり、読者が医療活動の指示として利用することを目的とするものではありません。本情報を読んだ医療関係者の皆様におかれましては、個々の患者の処置を行なう際、自らの学習、訓練および専門知識を活用しなければならないという点をご了承ください。本資料はこのような責務に置き換わるものではなく、シーメンスはそれらに関連する目的で本資料が使用されることを意図しておりません。MAGNETOM Flashの中に記載されている薬物および用量は、薬物の使用および適応に関する認可ラベルに従っています。治療に当たる医師は、使用に関連して処方された薬物および用量を含む、患者の診断および治療に対して一切の責任を負います。MRシステムを操作する場合は、常に取扱説明書の内容を厳密に順守する必要があります。技術データの出典は、対応するデータシートです。

シーメンス旭メディテック株式会社

〒141-8644

東京都品川区東五反田 3-20-14

高輪パークタワー

本カタログに関するお問合せは、
下記電話番号までお願いいたします。
TEL 03-5423-8422

仕様は予告なく変更する場合がありますのでご了承ください。
なお、本カタログにはオプションが含まれています。
詳しくは担当営業におたずねください。

K-397(0808CLB5K)

www.siemens.co.jp/healthcare/