

MAGNETOM Flash

The Magazine of MR 翻訳版

SIEMENS

Clinical Case Study

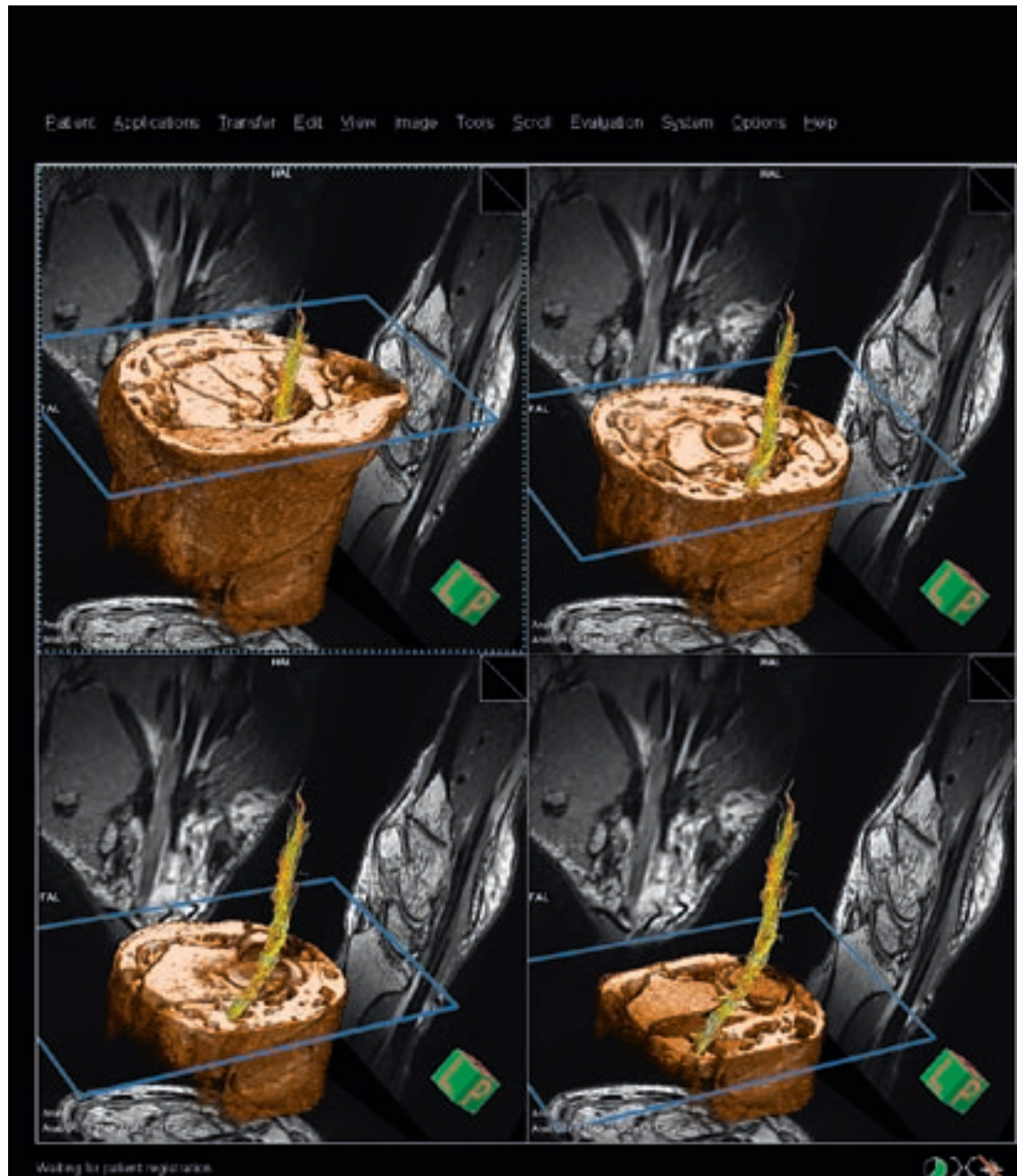
MAGNETOM Verio
インドにおける使用経験

症例報告：
静脈性血管奇形

Technology

TrueFormテクノロジー

TrueFormが
MAGNETOM Verioの
スペクトロスコピーの質を
高める



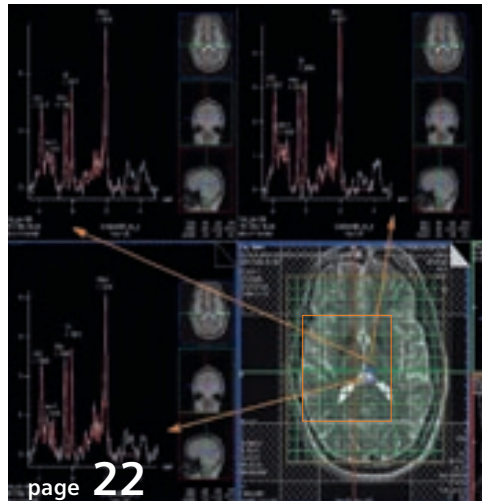
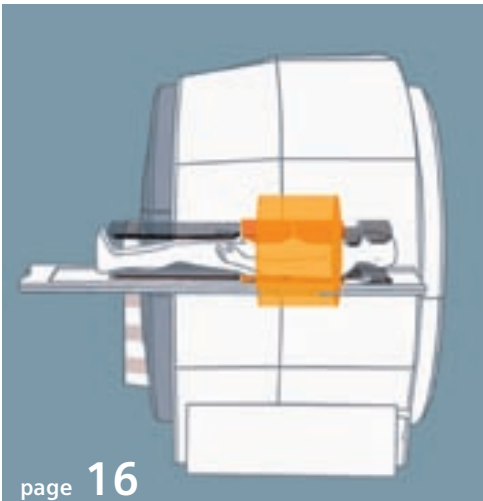
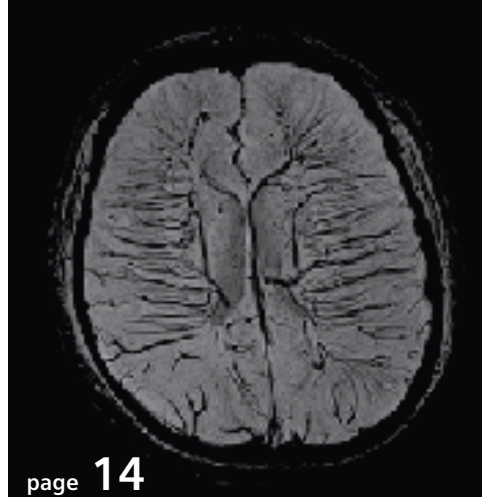
syngo DTI Wrist Postprocessing

Content

Benefit of Open Bore



患者はこれまで、脊柱後湾および左下肢を伸ばせないため、他のMRIスキャナでは撮影できなかったが、MAGNETOM Verioの70cmボア内では、快適な体位で撮影することができた。



Clinical Case Study

- 4 MAGNETOM Verio
—インドにおける使用経験
- 14 症例報告：
静脈性血管奇形

Technology

- 16 TrueForm テクノロジー
- 22 TrueForm が MAGNETOM Verio の
スペクトロスコピーの質を高める

MAGNETOM Verio

—インドにおける使用経験

Dr. Sumita Kundu, M.D., DMRD; Dr. S. K. Sharma M.D.

Consultant Radiologists, EKO MRI Centre, Kolkata, India
EKO MRIセンター顧問放射線科医（インド・コルカタ）

はじめに

EKO MRIセンターのMRユニットは、1992年に1T装置を導入して開設された。その後、患者数の増加とMRIに対する要求の高まりに応えるため、1.5T装置を追加した。そして、当センターのサービスをさらに向上させる必要があると判断し、1T装置を3T装置に交換することにした。

我々が満場一致で選択したのが、70cm +3T+Tim (Total imaging matrix) という独特の方程式を誇るMAGNETOM Verioであった。MAGNETOM Verioを選択する決め手となった主な機能の1つが、3TのMRIでは考えられなかったワイドボア (70 cm) である。この数か月間で、このワイドボア・システムが役立った場面がいくつかあった。肥満度の高い患者に対応できただけでなく、身体の変形のためボア内にまっすぐ横たわることができない患者にも対応

することができた。強直性脊椎症や後弯症などの患者のポジショニングとスキャンを楽に行うことができた。実際、上体をやや起こした姿勢の患者をスキャンして良好な画質を得ることさえできた。他のMRIスキャナでは閉所恐怖症を訴えた患者が数例あったが、MAGNETOM Verioでは患者の不安・不快感によりスキャンを断念したケースはほとんど無かった。

TimテクノロジーとiPAT (integrated Parallel Acquisition Technique) は大幅なスキャン時間の短縮と患者スルーットの向上を可能にした。これにより、無理のないスキャン時間で容易に全身転移のスクリーニングを行えるようになったのは、大きな利点である。なぜならばスクリーニング対象の多くの患者、特に骨転移の患者は痛みを抱えており、長い

スキャン時間には耐えられないからである。我々は患者の頭の先から足の先まで、全身のスキャンにMAGNETOM Verioを用いている。3T MRIの高い信号ノイズ比 (SNR) とワイドボア・マグネット、そしてTimテクノロジーによって、MRIスキャンが、我々にとってはより容易なものに、患者にとってはより快適なものになったことは間違いない。筋骨格、神経および体幹部MRIで優れた結果が得られており、さまざまな年齢群や体型の患者を、何の問題もなくスキャンすることが可能になった。以下に、MAGNETOM Verioシステムによる初期の興味深い症例を示す。

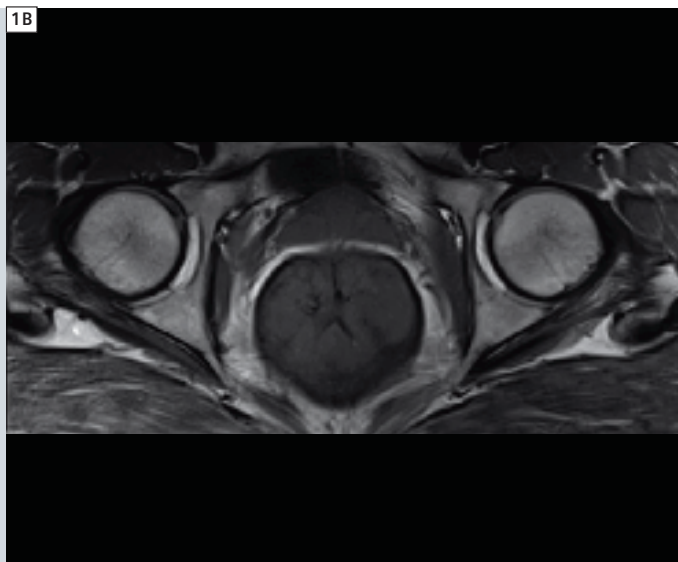
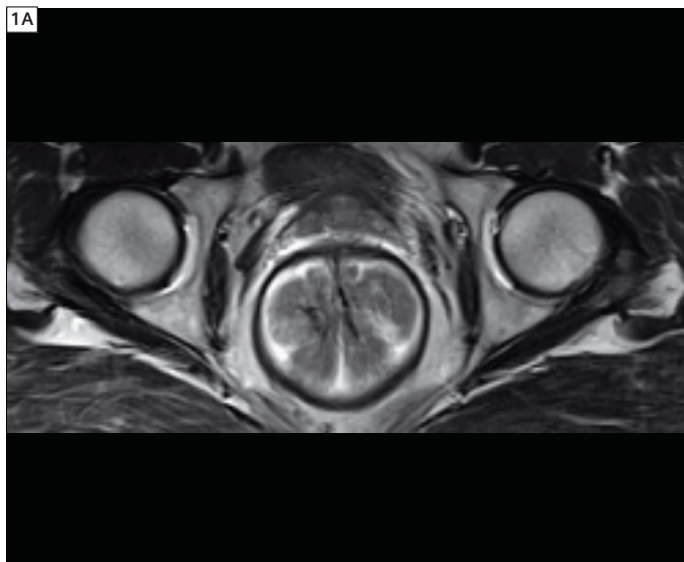
症例1:絨毛腺腫 病歴

61歳男性、3年前より間欠性の直腸出血および粘液便。経直腸検査にて直腸前壁に大きなポリープ状腫瘍が示唆されたが、その上限は不明であった。約12年前に肛門部のポリープ切除歴あり。

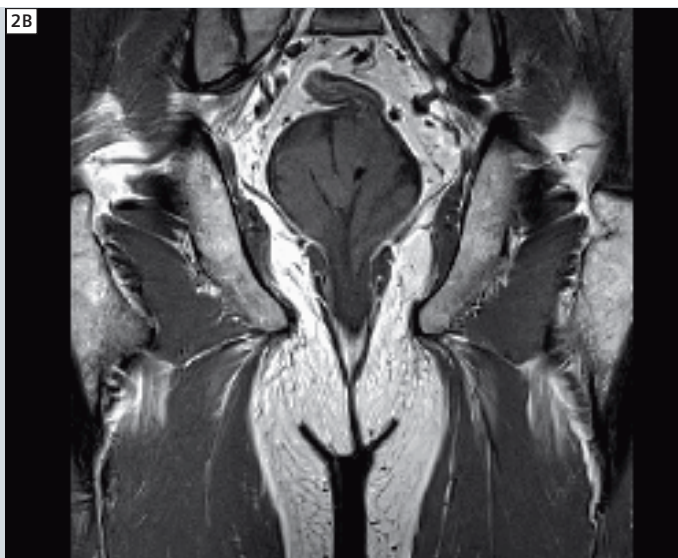
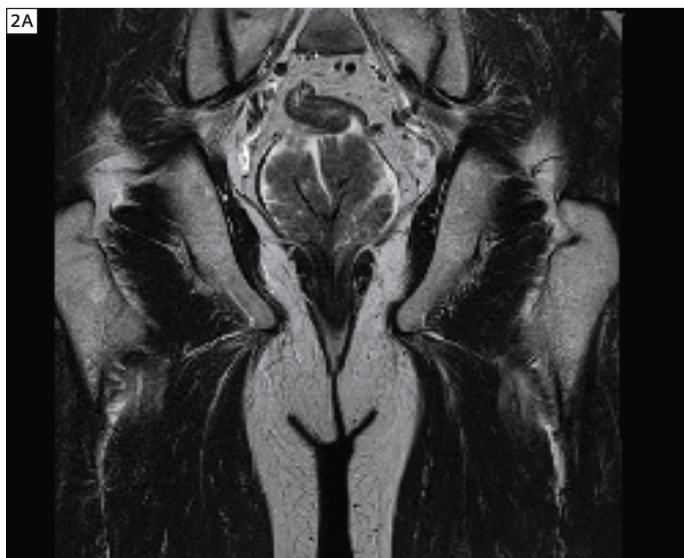
画像所見

直腸は拡大しており、中心核からの葉状の突出を伴う辺縁明瞭な占拠性病変(SOL)を認める。SOLはT1およびT2強調画像で低信号であるが、中心核は造影後のT2強調画像で著明な低信号を示す。SOLの残りの部分は軽度の造影と周囲に液体を認める。SOLはAP方向に7.0cm、アキシャル方向

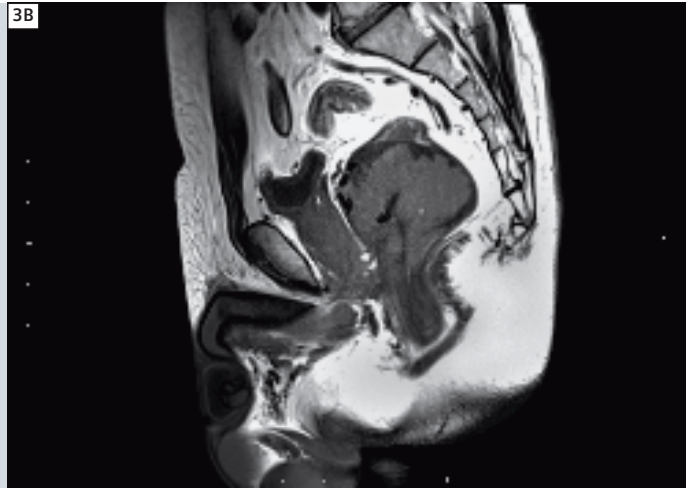
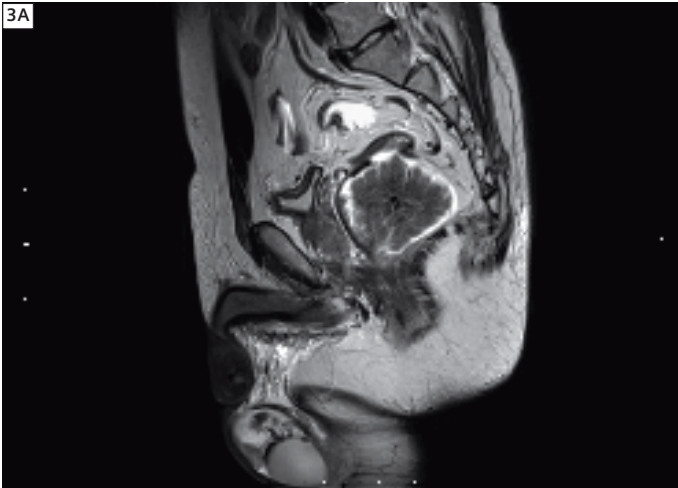
に6.7cm、頭尾方向に6.2cmで、肛門直腸移行部の直上の前壁に付着しているように見える。病変底部に前方で隣接する直腸壁は肥厚しており、蛇行性のフローボイドを認める。



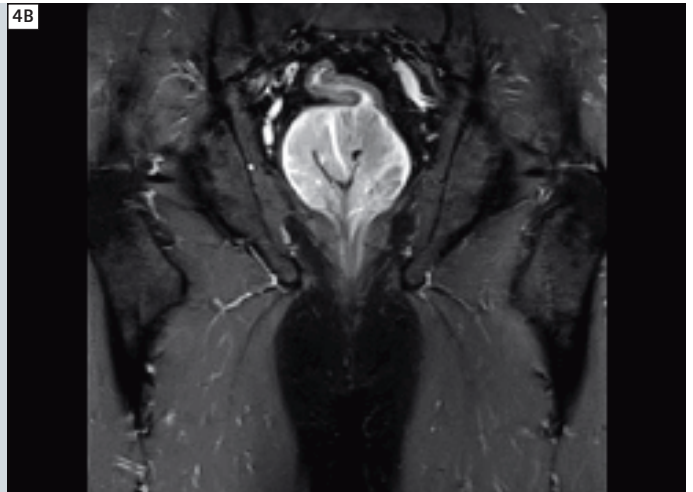
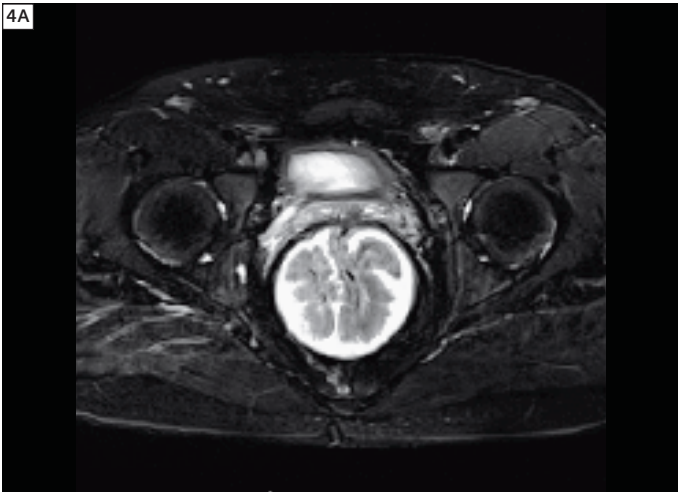
1 A:T2強調アキシャル画像。拡大した直腸、低信号の腫瘍と液体に囲まれた低信号の中心核突出を認める。
B:T1強調アキシャル画像、低信号の腫瘍を認める。



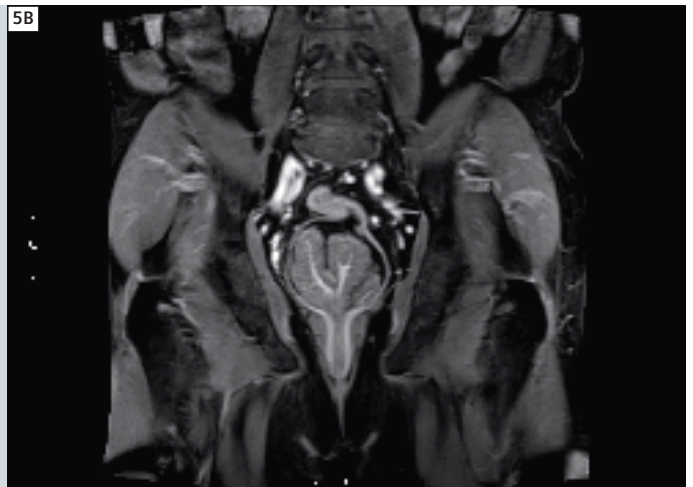
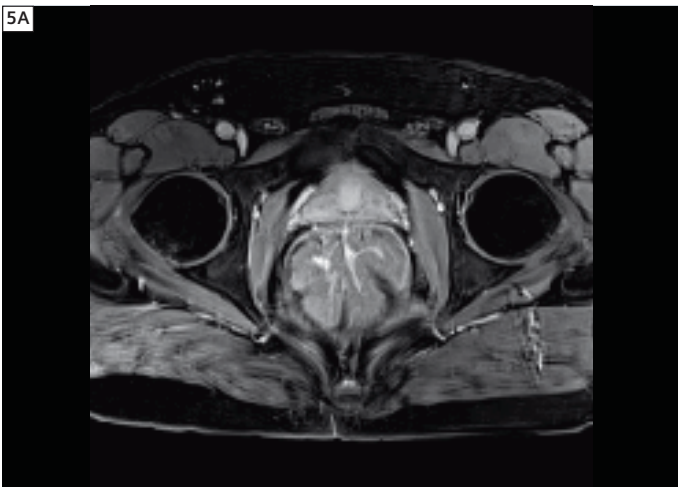
2 A:T2強調コロナル画像。腫瘍が葉状に突出している。B:T1強調コロナル画像



3 A:T2強調サジタル画像。直腸前壁が肥厚し、腫瘍が肛門直腸移行部の直上に付着している。B:T1強調サジタル画像



4 A:脂肪抑制T2強調アキシャル画像。腫瘍の壁内浸潤はない。前壁への付着を明瞭に認める。
B:コロナルSTIR画像

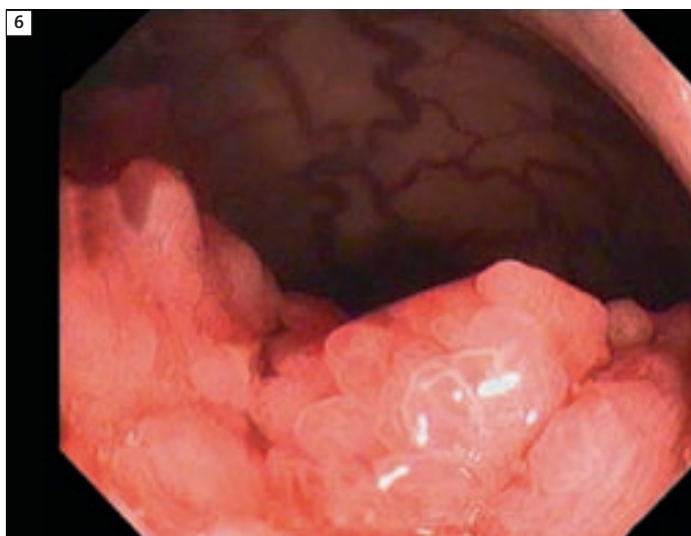


5 A:造影T1強調アキシャル画像。中心核の突出がやや強度に造影されている。
B:造影T1強調コロナル画像。腫瘍の造影を明瞭に認め、腫瘍と直腸壁との境界も明瞭である。

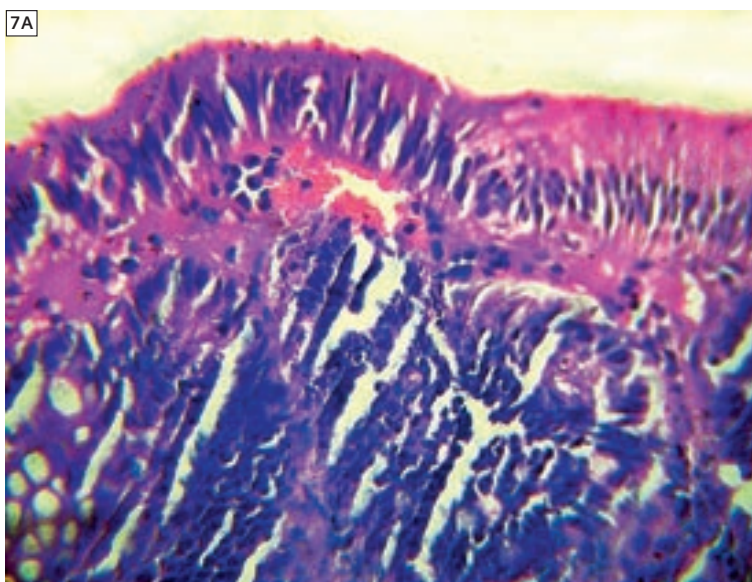
肛門直腸移行部の残りの部分には著明な異常を認めない。直腸傍リンパ節または骨盤リンパ節腫脹の形跡はない。直腸周囲の脂肪組織は温存されており、直腸腫瘍の管外浸潤は認めない。膀胱内に腫瘍は認めない。前立腺のサイズ、形状、実質信号は正常である。描出された筋肉および骨に著明な異常は認めない。

所感

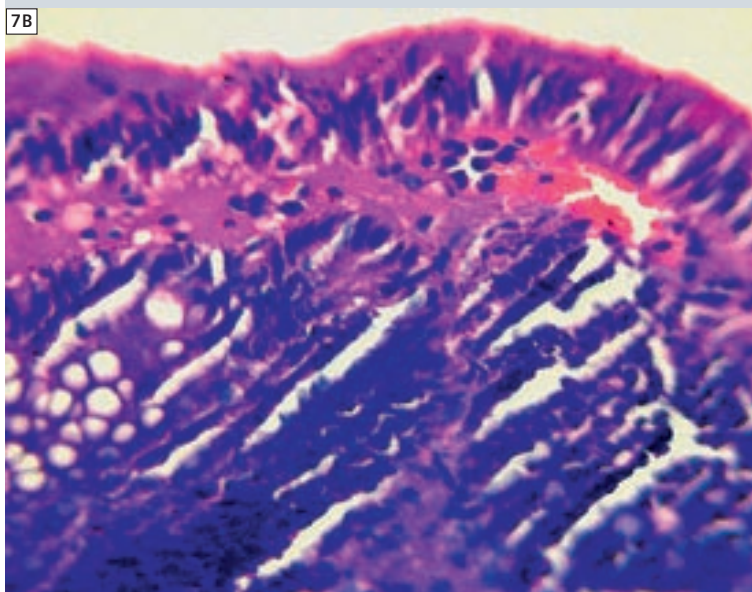
上記の所見から、絨毛腺腫に一致する信号特性、形態、造影パターンを持つ直腸腫瘍が示唆される。肛門直腸移行部の直上の直腸前壁に付着していると思われ、底部に血管増殖を認める。直腸周囲浸潤またはリンパ節腫脹の形跡はない。



6 結腸鏡画像：ポリープ状腫瘍が肛門縁より3cmから10cmまでに及び、内腔を閉塞させている。



7 組織病理像：血管分枝形成を伴う核を有する絨毛組織。



組織病理像：血管分枝形成を伴う核を有する絨毛組織。

絨毛組織は異形性を伴わない多列上皮を有する。

症例2:内頸動脈解離

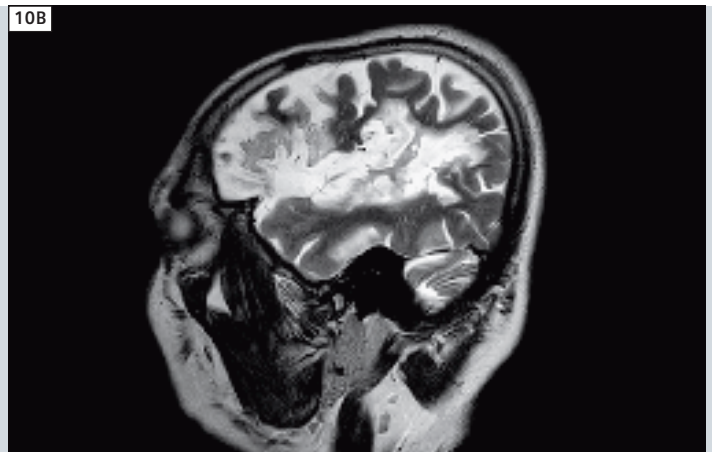
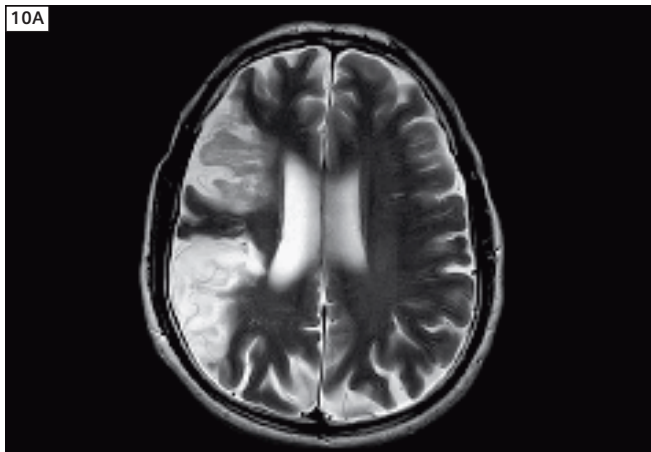
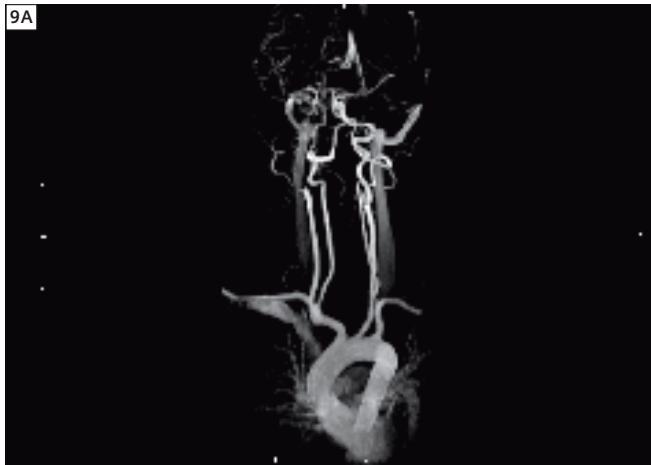
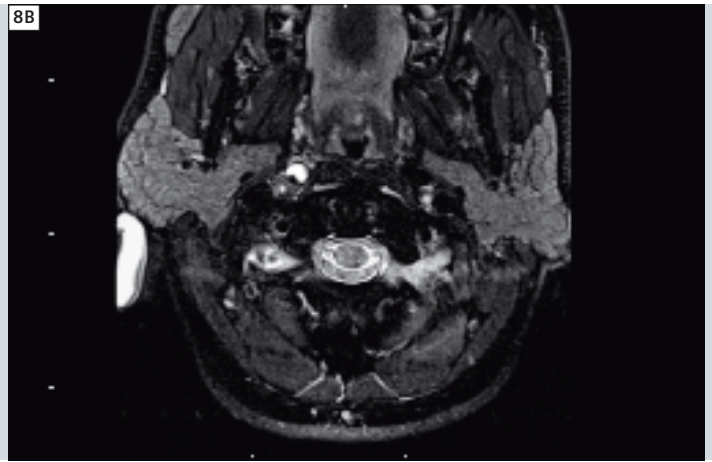
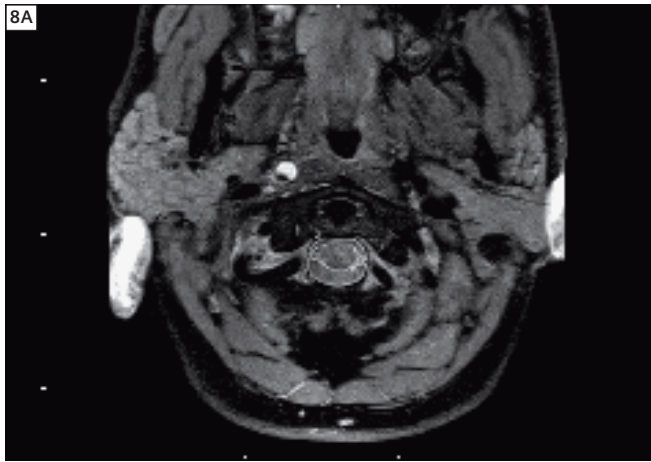
病歴

52歳男性、片側不全麻痺および激しい頭痛の急性発症。高血圧または外傷の病歴なし。

画像所見

脳:右大脳半球の前頭、頭頂、側頭、島領域および右大脳基底核にFLAIRおよびT2強調画像で大きな高信号域があり、T1強調画像では低信号である。この病変部には拡散が制限された領域がある。

左トルコ鞍近傍は正常であるが、海綿静脈洞部の右内頸動脈(ICA)および頸動脈管はフローボイドを欠く。

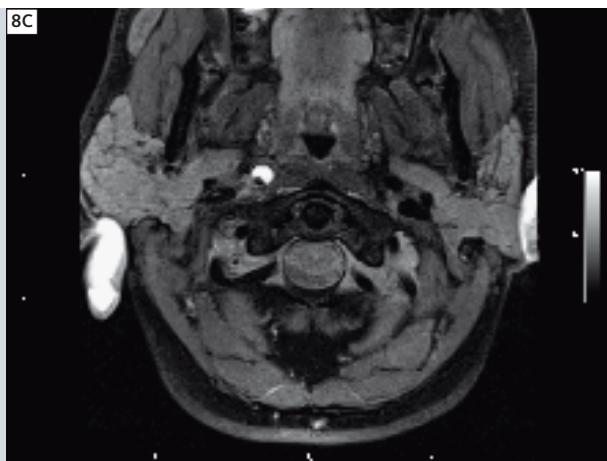


頸部MRアンギオ像: 右総頸動脈の血流信号、起始部、流路、内径、分岐は正常であるが、右ICAは起始部より約0.8cm遠位で正常な血流信号および内腔の造影を欠く。この領域のT1、T2およびプロトン密度強調アキシャル画像では、内部に細い線状の低信号域を伴い、後外側部に小さな低信号域を伴う卵形・偏心の高信号域を認める。造影アンギオ像では右頭蓋内ICA

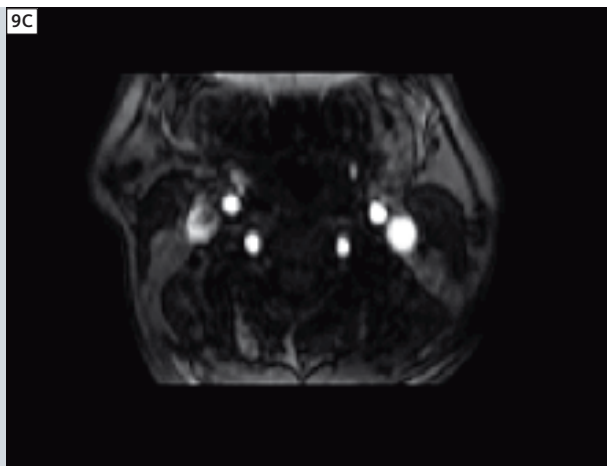
内腔の造影と内腔狭窄を認める。右総頸動脈にはT1強調アキシャル画像で正常なフローボイドを認める。左総頸動脈、左頭蓋内および頭蓋外ICAは正常なフローボイドおよび内腔の造影を認め、流路、内径、血流信号、分岐も正常である。両側頭蓋外および頭蓋内椎骨動脈、外頸動脈の描出部分も見かけは正常である。

所感

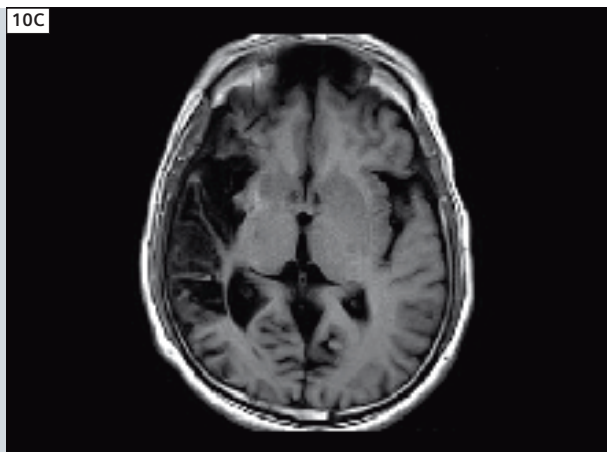
上記の所見から、右ICAの近位頭蓋外部の直上に偏心性の壁内血腫を伴う右内頸動脈解離が示唆される。右ICAは解離部分を越えて頭蓋内まで血流を欠き、右中大脳動脈領域に前頭、頭頂、側頭、島および大脳基底核領域に及ぶ大きな急性～亜急性梗塞を伴う。トルコ鞍空虚を認める。



8 右内頸動脈 (ICA) の卵形・偏心の高信号域
A、B: 脂肪抑制併用のプロトン密度強調アキシャル画像
C: 脂肪抑制併用のT2強調アキシャル画像



9 A、B: 頸部の造影MRアンギオグラフィ (ceMRA)。右ICAの血流を欠く。
C: アキシャルceMRA



10 脳のフォローアップスキャン
A、B: 梗塞を示すT2強調アキシャルおよび coronal 画像
C: MCA (中大脳動脈) 領域の梗塞を示すT1強調FLAIR画像

症例3: 強直性脊椎症

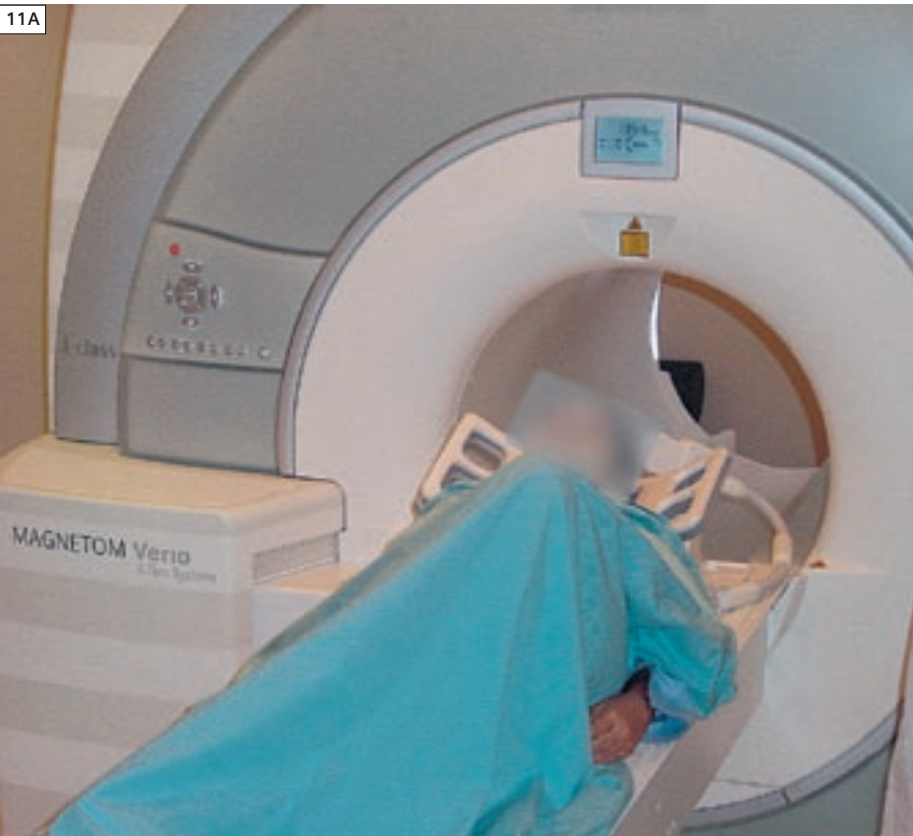
病歴

46歳女性、2年前より左肩に放散する頸部痛、3年前より左下肢に放散する腰痛。歩行姿勢が前屈みであり、頸椎および腰仙椎MRI受診を勧められた。脊柱後弯および左下肢伸展不可能のため、他のMRIスキャナではマグネット内にまっすぐ横たわることができず受診できなかった。

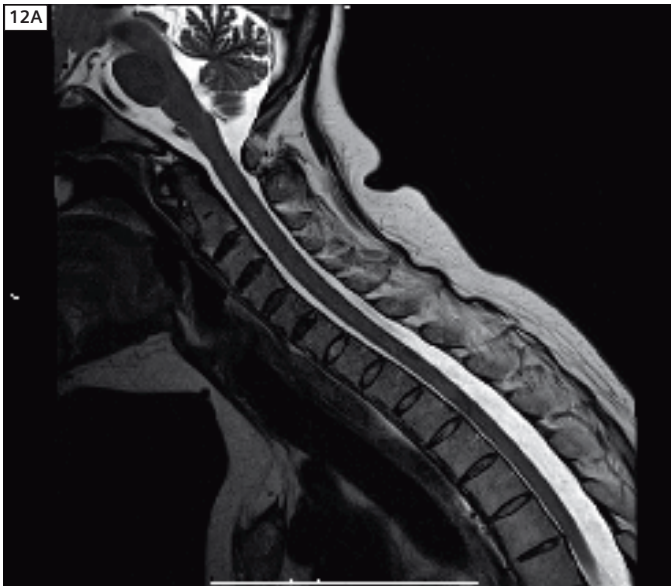
画像所見

頸椎: 椎体終板に軽度の退行性変化があり、限局性の脂肪髄変化を伴う。脊椎の前屈があるように見えるが、椎体の高さおよびアライメントは正常である。椎間板は高さが正常であり、C4-C5およびC5-C6レベルに脱水の形跡がある。

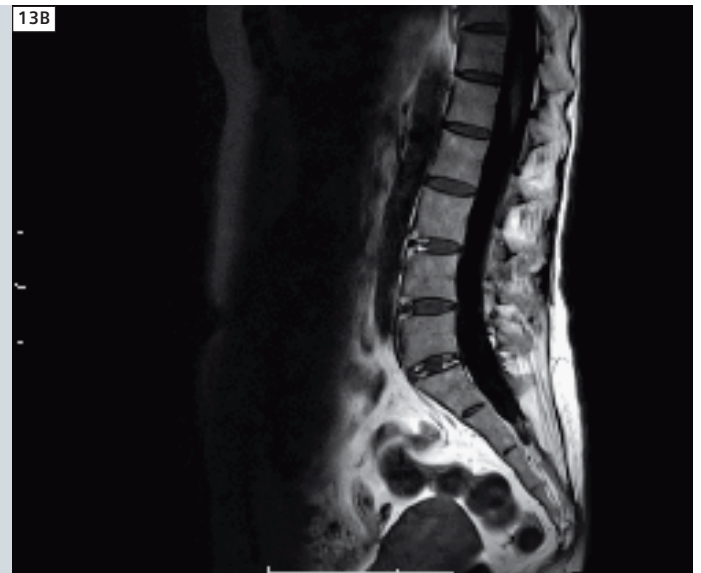
腰仙椎: L5椎体は完全に仙椎化しており、椎体終板および椎間関節に退行性変化を認める。描出された腰仙椎の高さ、アライメント、骨髄信号は正常であるが、両側仙腸関節の同一領域に関節下の脂肪髄変化を認める。左仙腸関節の腸骨面に骨髄浮腫の小領域も認め、関節腔の膨潤を伴う。腰椎椎間板のL2-L3、L3-L4、L4-L5レベルに石灰化を伴う脱水の形跡を認める。



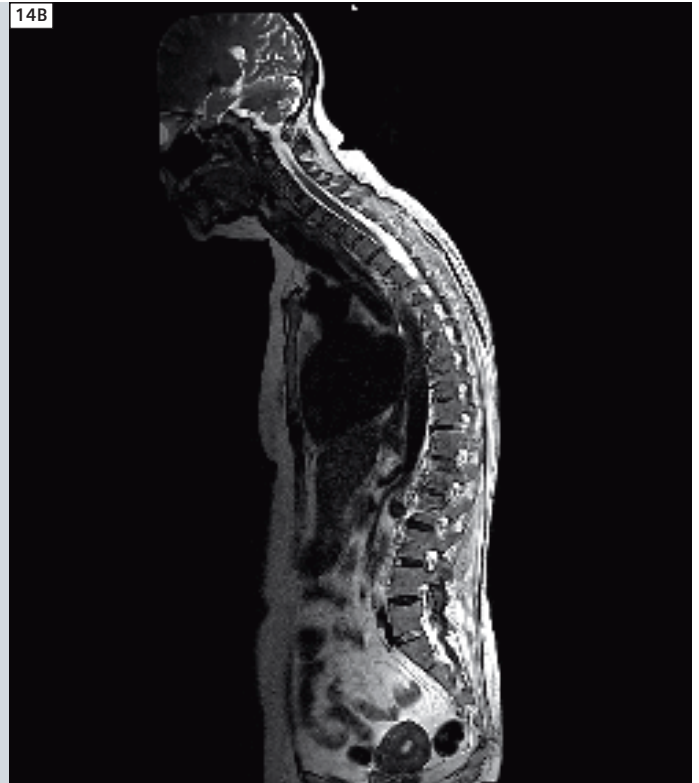
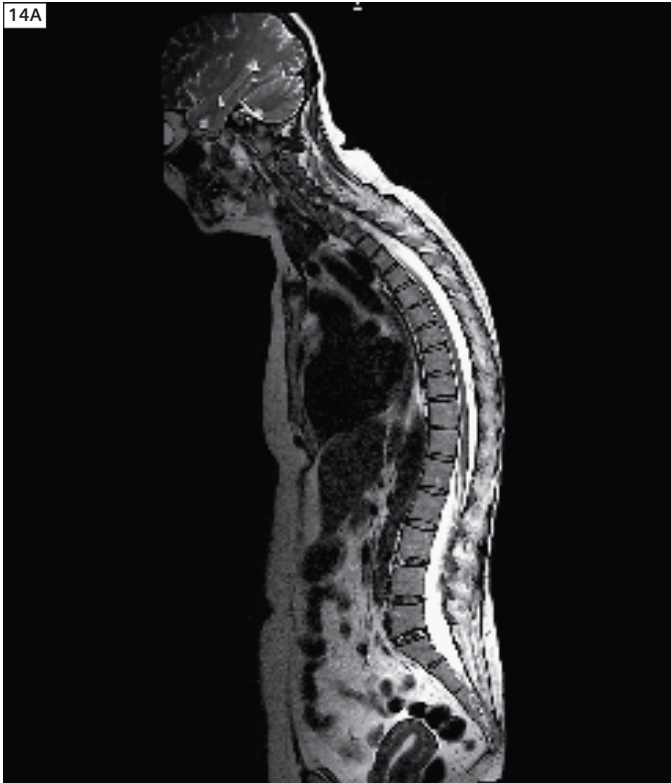
11 患者は左下肢を伸ばせないが、MAGNETOM Verioの70 cmボア内には快適に横たわることができる。



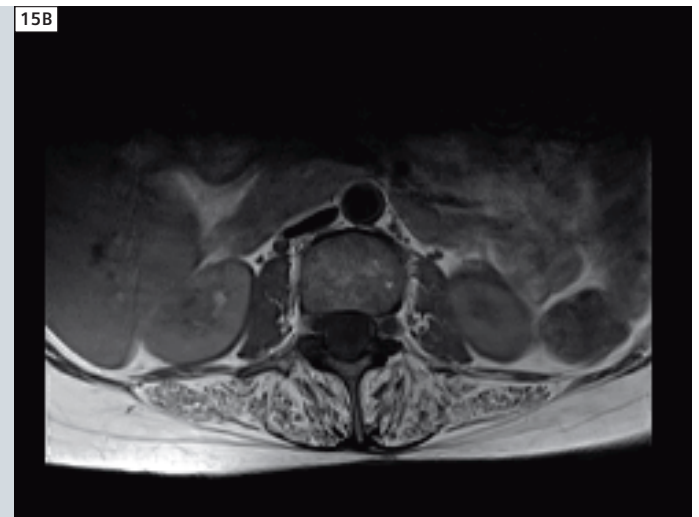
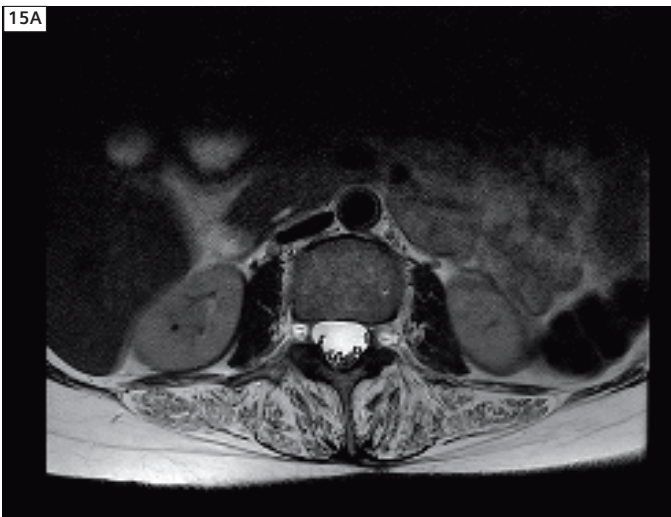
12 退行性変化 A:T2強調サジタル画像 B:T2強調サジタルFat Sat画像



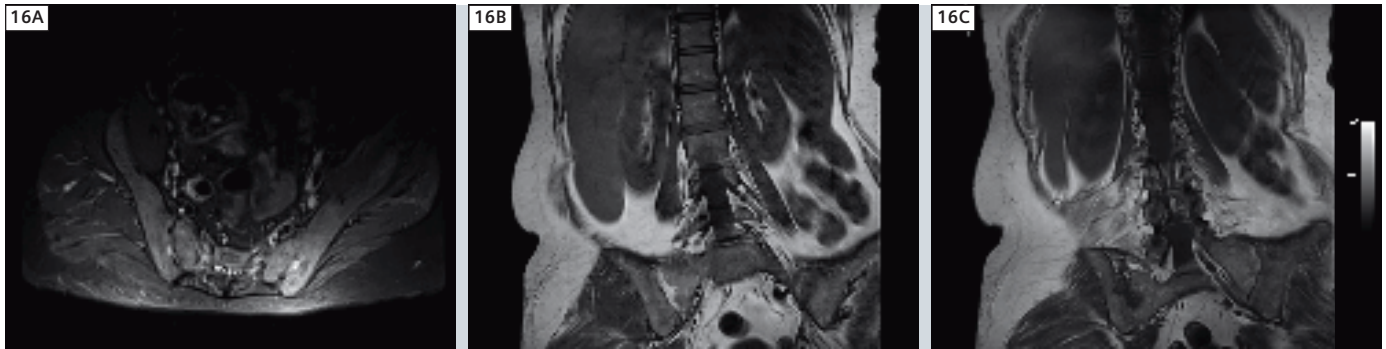
13 椎間板の石灰化を示すA:T2および、B:T1強調サジタル画像



14 T2強調サジタル全脊椎画像(位置が異なる2断面)。脊柱後弯、L5仙椎化、腰椎椎間板の石灰化を認める



15 椎体の方角化を示すA: T2およびB: T1強調アキシャル画像



16 A: 両側仙腸関節炎を示すT2強調TIRM画像 B, C: 両側仙腸関節炎を示すT1強調コロナル画像

所感

上記の所見から、L5の仙椎化、腰椎椎間板の石灰化、骨性強直を伴う両側の慢性仙腸関節炎があり、強直性脊椎症のような炎症性関節疾患であることを支持する、頸椎および腰椎の退行性変化が示唆される。L3-L4に軽度の椎間板後部膨隆を認めるが、脊髄または神経根の圧迫の形跡は認めない。



Dr. S. K. Sharma and Dr. Sumita Kundu

症例報告： 静脈性血管奇形

井田正博

財団法人東京都保健医療公社 荏原病院放射線科（日本・東京）

病歴

39歳女性、静脈性血管奇形。

画像所見

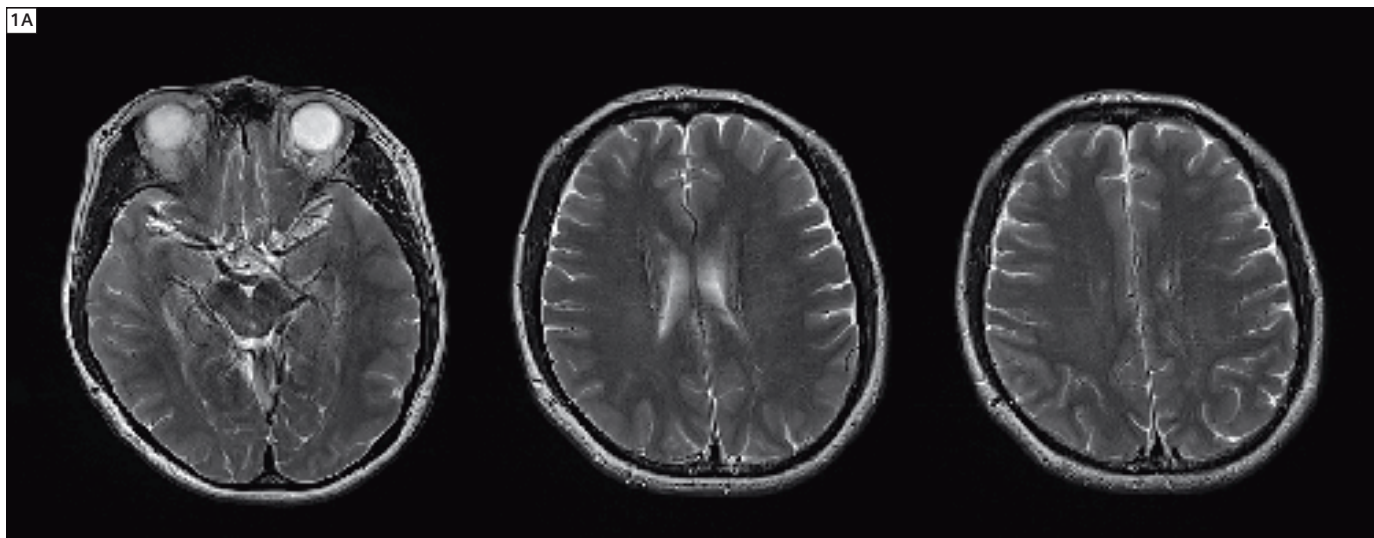
T2強調Turbo Spin Echo (TSE) アキシャル画像にて、脳室壁にそってやや拡張した上衣下静脈と、側脳室の長軸に直交する髄質血管にそって線状の高信号を認める。

3T (MAGNETOM Trio, A Tim System) で32チャンネルヘッドコイルを用いて撮影した磁化率強調画像 (syngo SWI) にて、上衣下静脈に流入する著明な深部髄質静脈および集合静脈をびまん性に認めた。これらの静脈はsyngo SWI上の信号損失により周囲脳組織と良好に識別しえた。

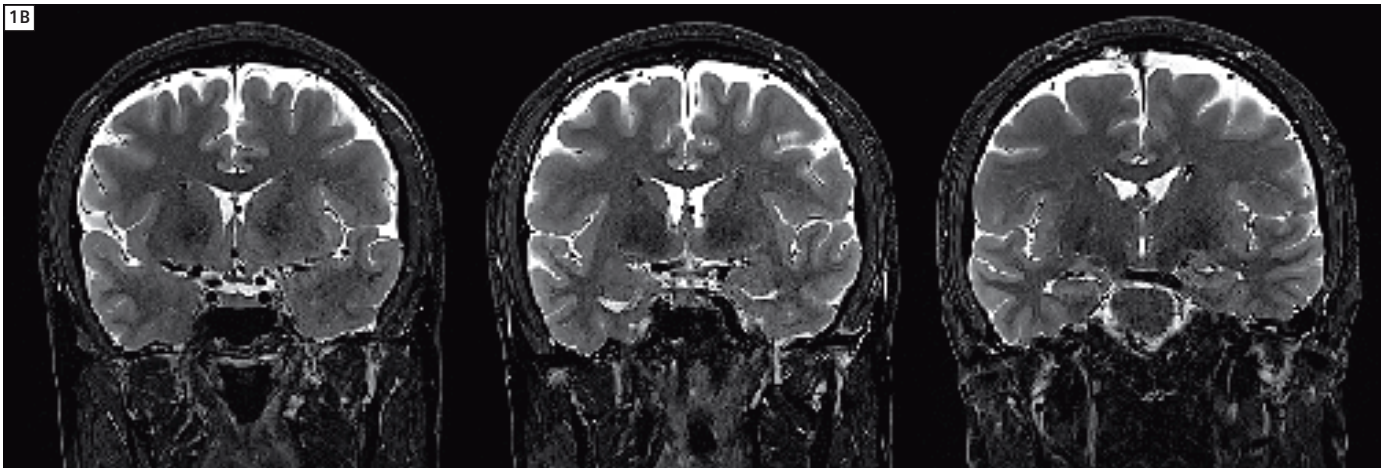
これは通常のT2強調TSEイメージング

に比べて明らかに有利な点である (図1A～1C)。

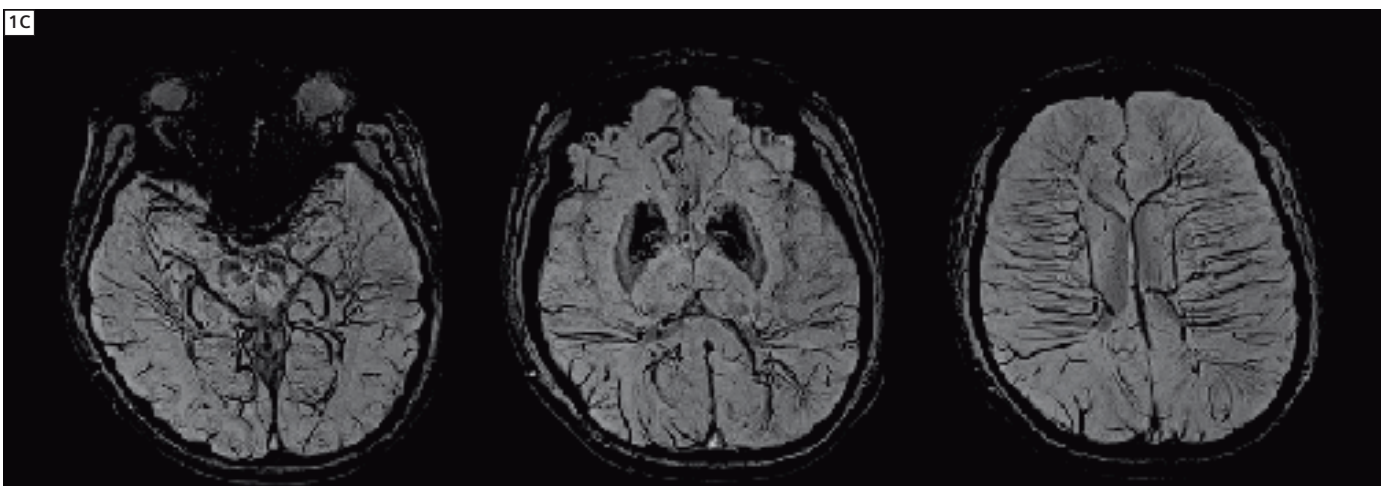
また、syngo SWIの所見は造影後3DT1強調画像と一致しており、強く造影される傘状の髄質静脈および集合静脈を示している。これらの所見は静脈性血管奇形 (DVA) に一致する。



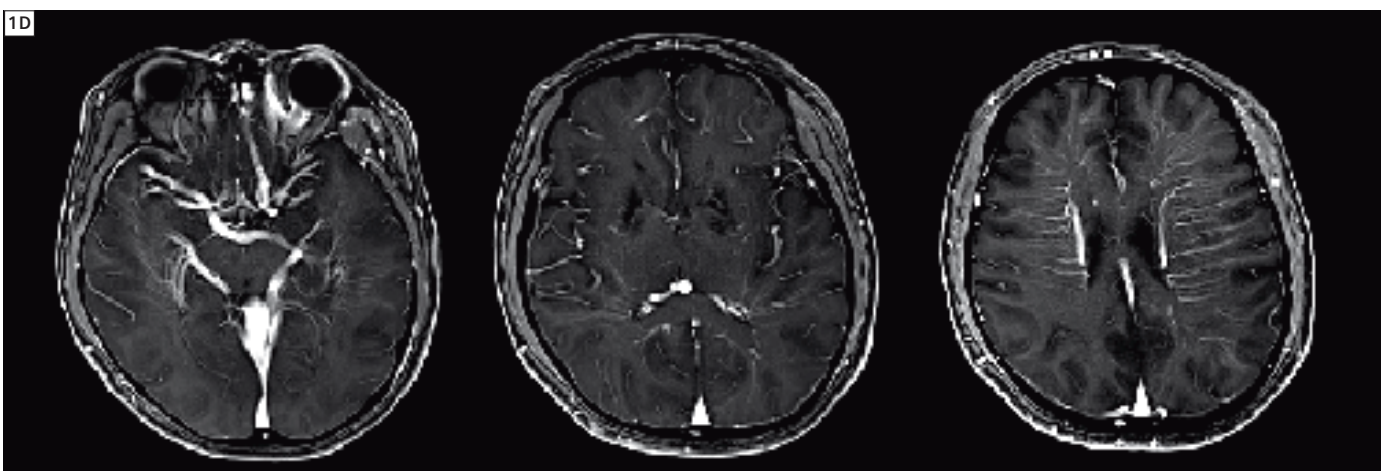
1A T2強調TSE アキシャル画像、3Tで32チャンネルヘッドコイルを使用。スライス厚5 mm、TR 4500 ms、TE 98 ms、BW 180 Hz/px、PATファクター2、ターボファクター11、FoV 199×220 mm、マトリクス371×512、総撮影時間2分32秒。



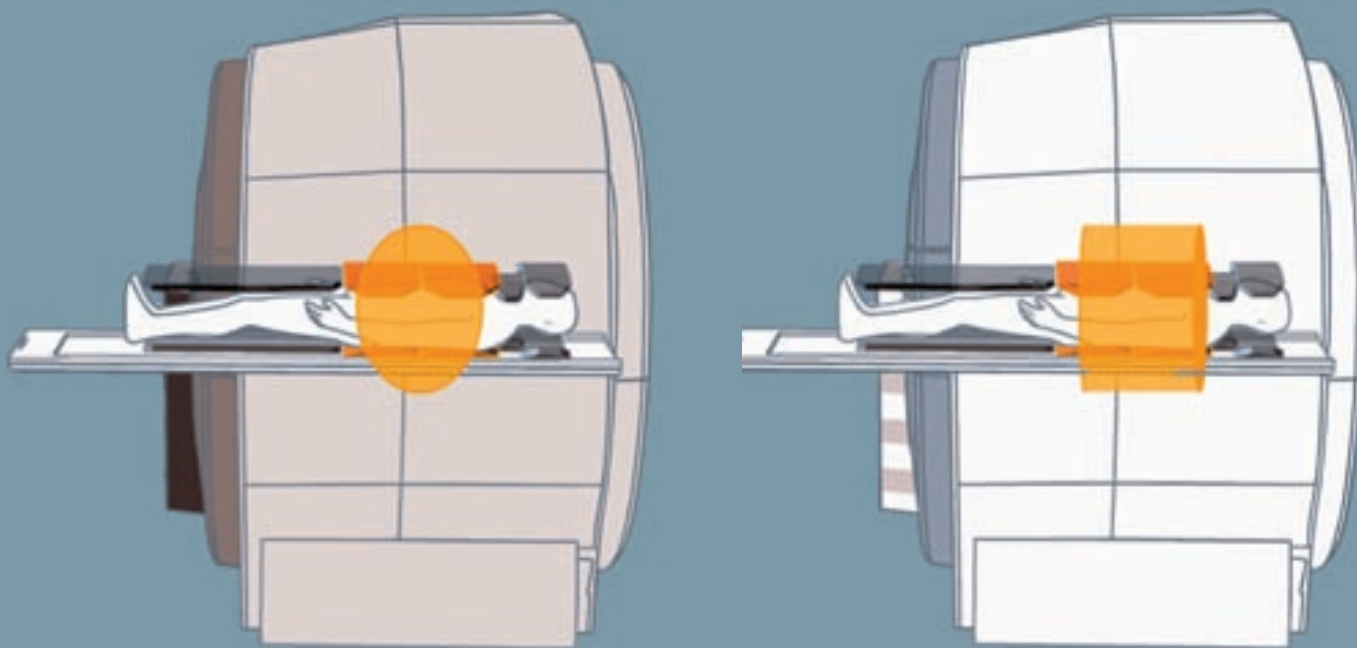
1B 脂肪抑制 (SPAIR) T2強調TSE コロナル画像。スライス厚2 mm、TR 4000、TE 72 ms、BW 205 Hz/px、PATファクター3、ターボファクター9、FoV 200×200 mm、マトリクス410×512、アベレージ、撮影時間6分32秒。



1C アキシアルthin MiniP (スライス厚9.6 mm) 磁化率強調画像 (syngo SWI)。オリジナルスライス厚1.2 mm、TR 28 ms、TE 20 ms、BW 120 Hz/px、PATファクター3、ターボファクター10、FoV 230×230 mm、マトリクス320×320、撮影時間6分01秒。



1D 造影3D T1強調Flashのアキシアルthick MPR (スライス厚5 mm)。オリジナルスライス厚1 mm、TR 12 ms、TE 6.2 ms、BW 340 Hz/px、PATファクター4、FoV 220×220 mm、マトリクス320×320、撮影時間2分54秒。



1 従来(左)とTrueForm magnet(右)デザインの比較

TrueFormテクノロジー

Ioannis Panagiotelis; Mathias Blasche

Siemens Healthcare, MR Marketing, Erlangen, Germany

シーメンスヘルスケアMRマーケティング部門(ドイツ・エアランゲン)

TrueFormは3Tが常に抱える制限と妥協を解消し、そのパワーをフル活用できるようにした非常に有用な技術である。TrueFormデザインは、システムのあらゆる電磁場発生用ハードウェアユニット(静磁場、傾斜磁場、RF)とオペレーティングソフトウェア(撮影、処理)に採用されている。

TrueForm magnet and gradientデザイン

TrueForm magnetデザインは、静磁場の均一性を従来の楕円形ボリウムではなく円筒形で最適化している点が新しい。円筒形の方が実際の人体形状に近い。TrueForm gradientデザインが生成する、傾斜磁場の

線形性が保証されたボリウムも円筒形である。この2つを組み合わせると、使用に適さない画像周辺部が減少することによる画質の向上と、スキャン領域全体にわたる脂肪抑制の改善がもたらされる。従来の楕円形デザインに比べて、TrueFormでは複数のステップで大きな撮影領域(FoV)を検査する場合のステップ間のオーバーラップが減少する。したがって、所定のスキャン範囲を得るのに必要なステップ数も減少する。複数の分割された超電導マグネットコイルの、それぞれの直径、距離、厚さおよび巻き密度の改良によって、円筒形の均一ボリウムが得られる(図1)。円筒形で最適化したマグネットは、同一の(最大FoVを仕様と

する)従来のマグネットよりも均一ボリウムが大きい。理論的には、円筒の体積は同一のxlylz寸法を持つ楕円体の1.5倍になる。図2に、TrueForm magnetデザインを実現するために最適化された各種パラメータの図を示す。MAGNETOM Verioのマグネットはニオブチタン超電導ワイヤーを巻いた複数のコイルで構成されている。MAGNETOM VerioではTrueForm magnet and gradientデザインによって、各種のアプリケーションにおいて最大で50cm×50cm×45cmの大きなFoVを効率的に利用することができる。図3および図4に臨床例を示す。

TrueForm RFデザイン

高磁場MRIではシェーディング効果がよく問題になる。この問題を解消するためのテクニックやアプリケーションがいくつか提唱されている。特に臨床システムでは、画質向上のためのソリューションを得ることが重要である。以前にB1シェーディング低減法として誘電パッドを使用する方法が提唱されたが、これは患者にとっても技師にとっても、大きくて重く扱いにくいものであった。TrueFormRFは、臨床用3Tスキャナに初めて標準搭載されたソリューションである。TrueFormRF デザインはハードウェアテクノロジーと新しいアプリケーションおよび処理機能を持ち、あらゆる人体領域において均一なRF分布を確保する。MAGNETOM Verioに搭載されるTrueFormRFの具体的な内容は以下の通りである：

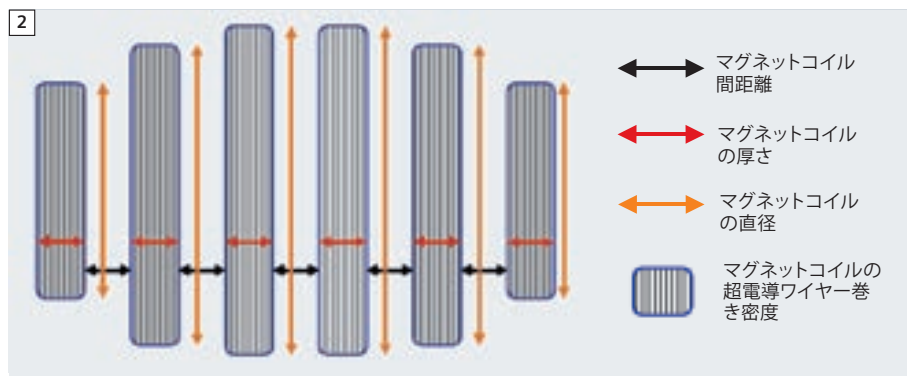
- TrueForm Excitationは最適化された振幅および位相送信設定を用いる。TrueForm RF Excitationは2チャンネル送信アレイの機能を持つ。

- a-SPACEはSPACEシーケンスの一種で、B1の空間的な不均一性の影響を受けないコンポジットアディアバティック励起パルスを用いる。

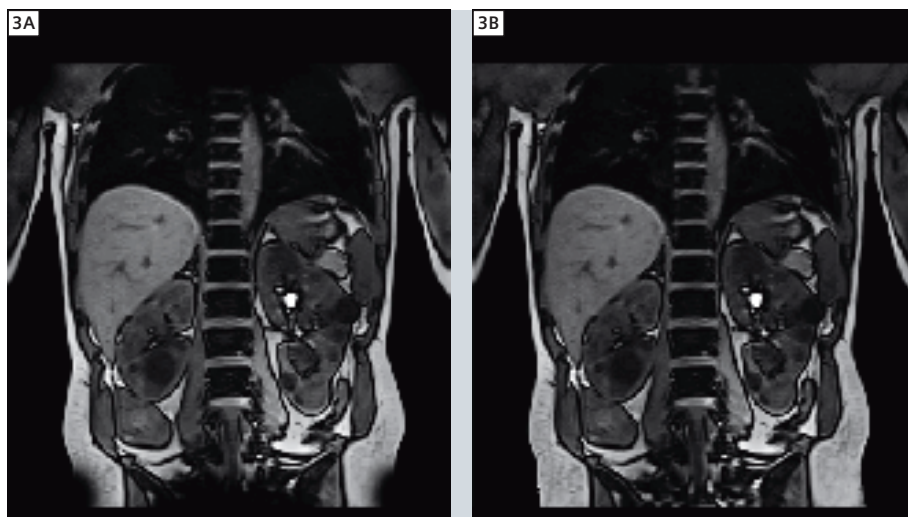
- B1フィルタは、上記の方法を用いても残るB1の問題を、画像コントラストに影響を及ぼすことなく軽減するインライン画像フィルタである。

TrueForm Excitation

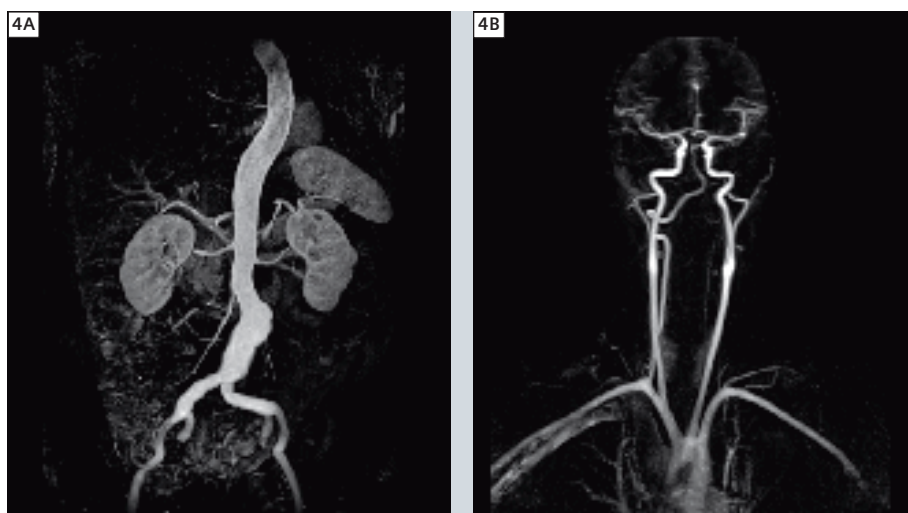
ほとんどのスキャナでは、ボディコイルの2つのポートに同じ強度で固定された90°の位相シフトを与えて、CP電磁場を生成する。低い周波数では、ほとんどの場合にこれで均一な電磁場分布が得られる。しかし、周波数が高くなると(3T以上)、電磁場と患者との相互作用に別の給電方法を利用することができる。Nistlerら [1] は、さまざまな場



2 TrueForm magnetデザインを実現するために最適化された各種パラメータの図



3 TrueForm magnetデザインなし(左)、あり(右)の体幹部グラジエントエコー・コロナル画像の比較。撮影領域の周辺部にそった歪みが最小限に抑制されている。



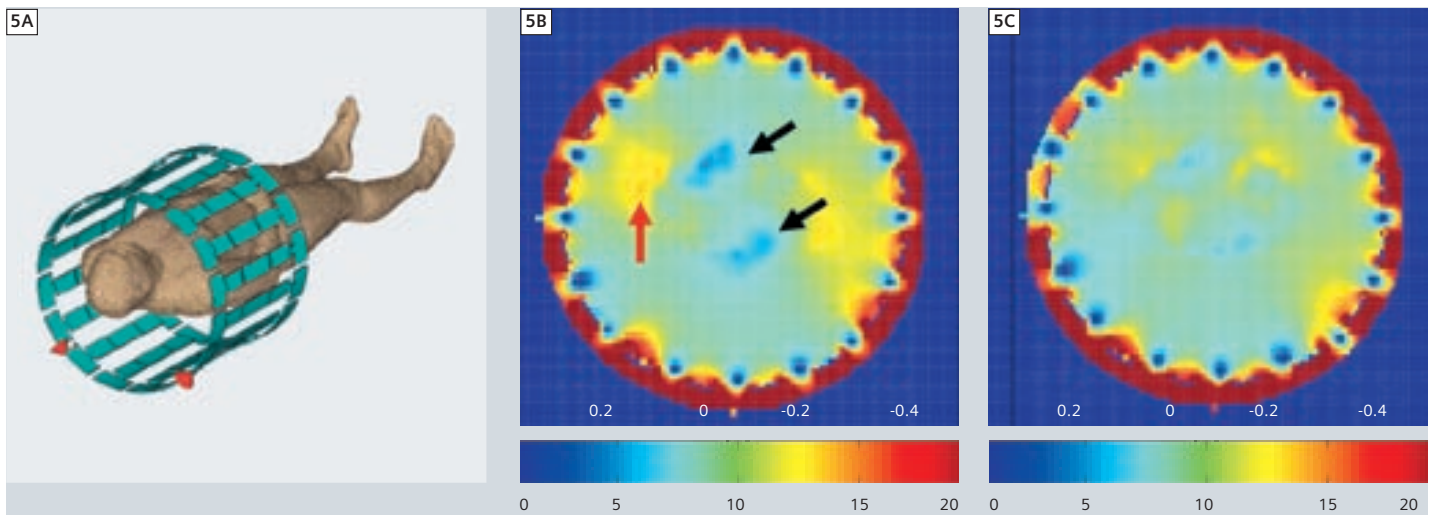
4 MAGNETOM Verioで24マトリクスコイルエレメント(左)および28マトリクスコイルエレメント(右)を用いてワンステップで撮影した45 cm FoV (z方向)のMRアンギオグラフィ(MRA)

合に、90°で固定された場合よりも良い結果をもたらすことが可能な、位相差および強度の重み付けがあることを示した。

16リングの全身用バードケージ型コイルをモデル化してシミュレーションを行った。2つのポートはそれぞれ独立して励起することができ、結果として生じる各電磁場を後処理で組み合わせて解析した。このセットアップでは、通常のCP給電(90°/等しい振幅)を用いて空のコイルに均一な円偏波が生成されるが、コイル内に人体モデルが存在する場合は異なる。男性および女性の人体モデルを用い、男女いずれでもコイルのアイソセンターを基準とする相対位置を変えて結果を

評価した。Nistlerらは、ヘッドファーストまたはフィートファースト方向の人体モデルの位置が、結果にほとんど影響しないことを明らかにした。Nistlerらが行ったシミュレーションは、ほとんどの場合に均一性の改善とともにSARも減少できることを示している。Nistlerらは、すべてのモデル配置について、局所SARホットスポットまたは局所SARと全身SARの比(SAR-Local/SAR-whole body(wb))に対する影響も検討した。その結果、振幅および位相設定が変化しても、人体モデルにおいてSARホットスポットが発生する位置はほとんどないと結論付けた。この可能性は、Nistlerらが示したソリューションにより

さらに低くなる。図5に、通常のCP給電を用いた場合の人体モデルにおけるB1分布を示す。フリップアングルが不正確な(シーケンスによって決まる値より小さいか大きい)領域が明らかに存在する。ここで、給電ポートの位相差を0~360°で変化させ、振幅比P2/P1も-21 dBと+21 dBの間で変化させた。結果として得られる分布のB1均一性(標準偏差)を解析した。また、すべての組み合わせに必要な入力エネルギーを計算して11.7 μTの平均磁場を得た。その結果、均一性の改善が可能で、患者のエネルギー吸収も減少できることがわかった。このことは表1にも示されている。



5 男性人体モデルをヘッドファーストでコイル内に配置した2ポート・ハイパス型バードケージコイルによるシミュレーションモデル(左)と、従来法(中央)およびTrueForm RFデザイン(右)のB1プロット。矢印はTrueForm Excitationテクノロジーで修正されたB1不均一領域を示す。

表1: 腹部がコイル中心にある場合の各値

励起方法	均一性	患者のエネルギー	吸収エネルギー比 Port 2 / Port 1 (dB)	位相差 Port 2 - Port 1
対称(従来)	19.3	3639	0	90
Best homogeneity	11.9	3418	6	120

位相および振幅の重み付けによる均一性の変化(相対標準偏差%)。位相および振幅の重み付けにより全エネルギーでの均一性の変化が大幅に改善しており、対称励起に比べてエネルギーが減少している。基準エネルギー値は11.7 μT(平均B1)の値。

以上をまとめると、Nistlerらの結果は、2つの送信ポートを持つバードケージコイルを用いて、B1均一性および患者のエネルギー吸収を最適化できることを示している。

2つのポートの重み付けを変更することで、B1均一性はほぼ2倍に、SAR性能(エネルギー吸収)も5~10%減に改善することができる。このTrueForm RF ExcitationをMAGNETOM Verioに搭載することにより、2チャンネル送信アレイシステムの機能を得る。

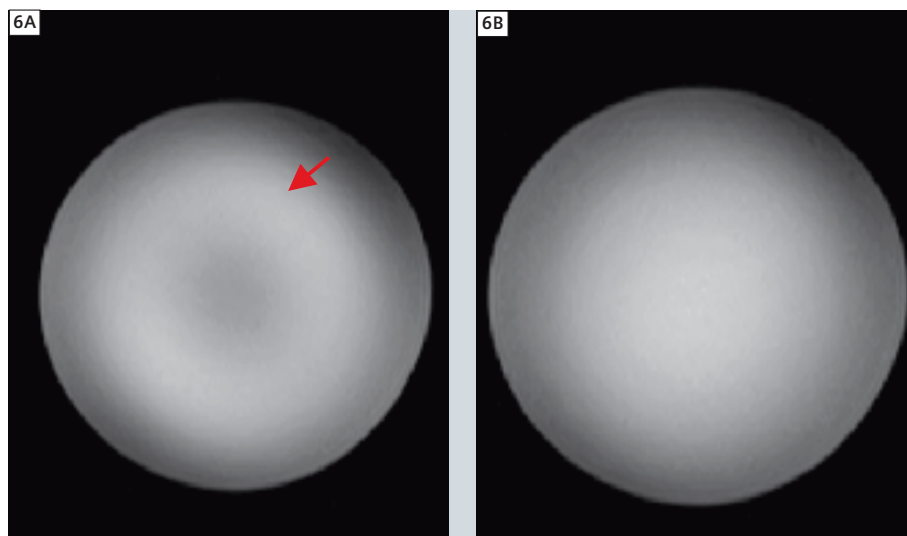
これは安定した効果的なB1均一性向上の方法である。RFボディコイルの2つの給電ポートに振幅および位相を独立して設定する際は、解剖学的部位別の最適化が行われる。独立したプレスキャンによる患者毎の調整は不要で、プレスキャンを必要とする装置と比べて検査毎に約1分の時間の節約になる。正確な患者別および解剖学的部位別のSAR計算に加えて、Hugoモデルに基づき、TrueForm RF Excitationが検査スピードおよび画質を改善する。

a-SPACE

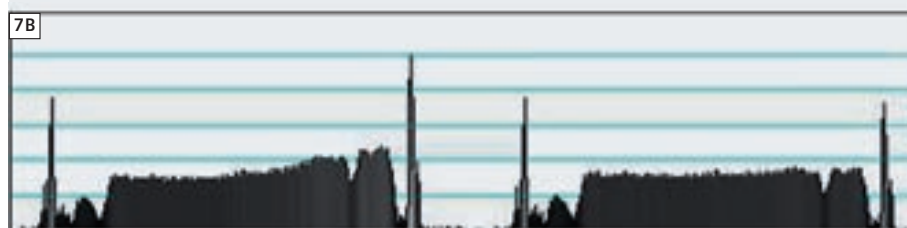
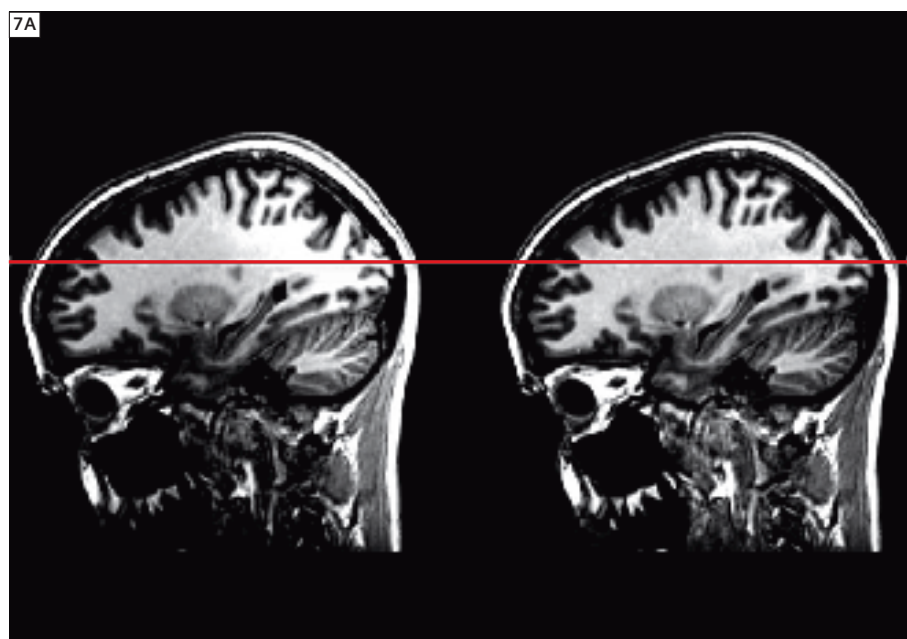
B1不均一がまだ画像に残る場合は、通常のパルスではなくアディアバティックパルスによるa-SPACEシーケンスを用いるという選択肢がある。アディアバティックパルスはB1分布の影響を受けない。また、ファントム画像に見られるように、画像の均一性を改善する。

B1フィルタ

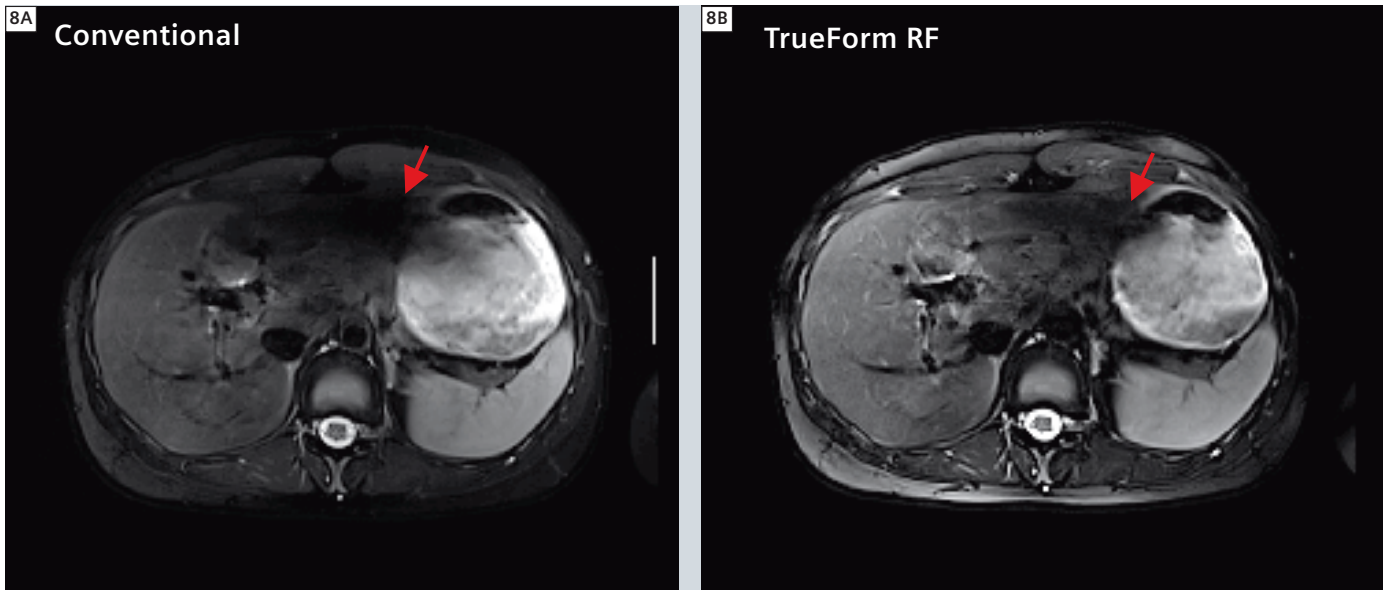
TrueForm RFテクノロジーが持つ最後の手段は後処理画像フィルタである。このフィルタは画像コントラストに影響を及ぼすことなく、画像の信号強度プロファイルを改善する。このようなフィルタは画像の診断上の価値を改善するのではなく、放射線科医が依頼元へのレポートを作成する際に、見た目が完全な画像を生成できるようにするものである。



6 従来法(左)およびa-SPACE(右)で撮影したファントム画像の信号強度マップ。TrueForm RFデザインの一部であるa-SPACEがサンプル内の均一性を大幅に改善している。



7 B1フィルタ(右)の効果を示す画像信号強度プロファイル。TrueForm RFデザインの一部であるB1フィルタを用いると、画像全体にわたって信号強度の均一性が大幅に向上する。



8 TrueForm RFデザインを適用すると腹部の信号強度が均一になる。

臨床例

TrueForm RFデザインの臨床応用例では、3Tでさまざまな人体部位を撮影する際に発生しやすい不均一のB1アーチファクトが、解消されるか大幅に減少するのを確認することができる。図8は、非常に筋肉質な患者の肝臓前方の信号をTrueFormがどのように回復させるかを示している。図10では、両側乳房画像における信号強度の均一性が回復している。図11では、右脚後方のB1不均一が解消している。

腹部では、特に腹水や浮腫を有する患者におけるB1不均一の存在が、しばらくの間、腹部および一般放射線科クリニックへの3T MRIの普及を妨げる大きな障害となっていた。近年、B1不均一性は3Tの乳房イメージングで問題になっている。画像の均一性という基本的な問題とは別に、ダイナミック検査に用いるグラジエントエコーシーケンスの設定上のフリップアングルと実際の励起角度が違いすぎる場合に、造影剤の取り込みを誤って解釈する可能性について重大な懸念が示されている[2]。Geppertら[3]は、乳房イメージングにおけるTrueForm RFの応用の有無を比較した。

フラットな感度プロファイルを得るために、ボディコイルを用いてB1マップを撮影した。信号強度が非常に高いか低い領域に複数の関心領域 (ROI) を配置し、算出されたB1分布マップを評価した。各乳房について最大および最小フリップアングルを求め、90°の公称フリップアングルに正規化して直接比較を可能にした。最終測定値として、各スキャンについて1.0からの最大偏差の絶対値を求めた。

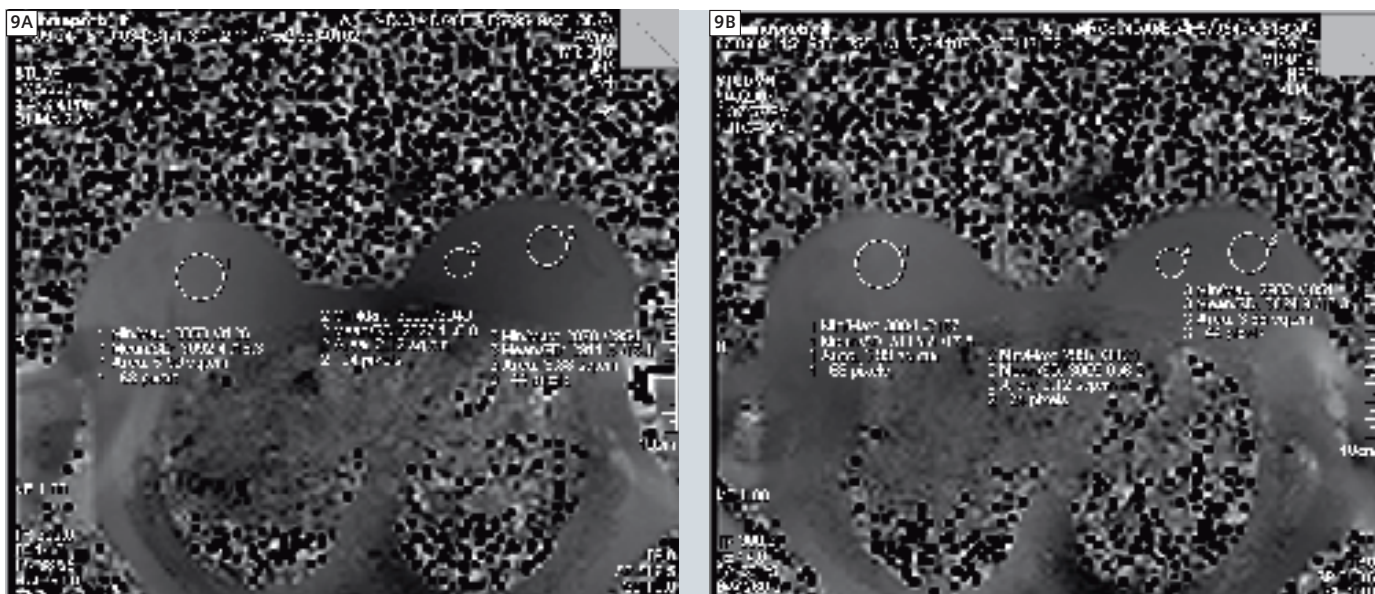
最後の例は、筋肉のイメージングにおけるa-SPACEのアディアバティックモードの応用例である。アディアバティックモードをオンにすると信号損失が回復する。

次なるステップ： マルチチャンネルTx アレイテクノロジー

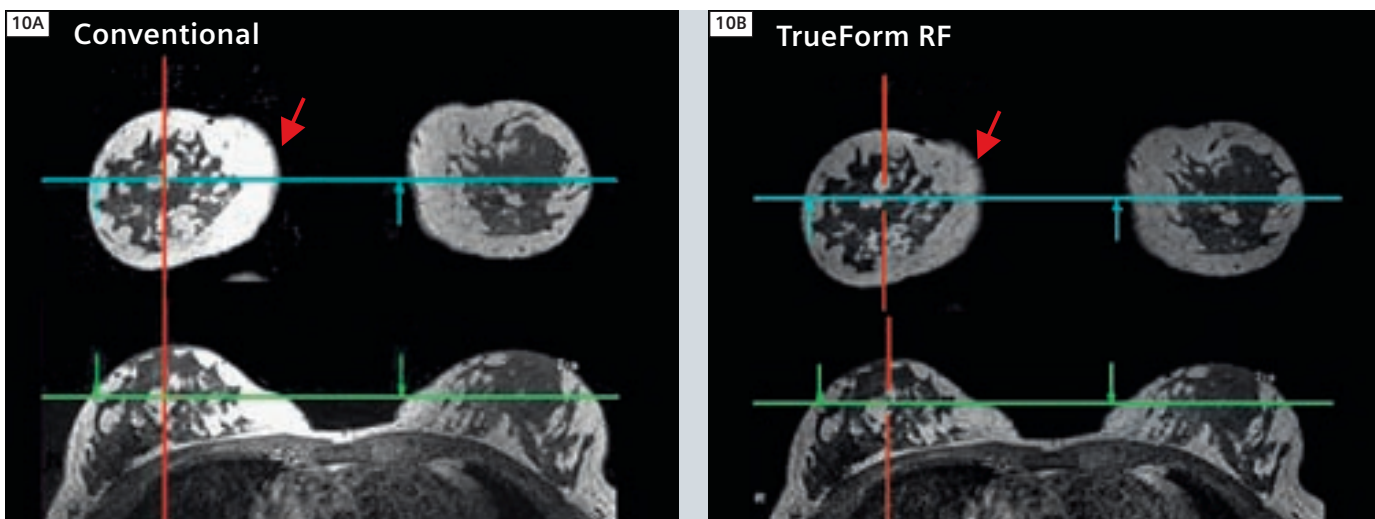
マルチTxチャンネルによる並列送信テクニックは、高磁場強度で発生する可能性のあるB1不均一を解消するソリューションであるが、そのハードウェアの整備には費用がかかる。現在の技術では、8チャンネルの送信システムには8個の電力増幅器を用いる

必要があり、それらはかなり高価だからである。また、複数のRF電磁場が重なり合うとどのような結果になるかがまだ解明されていないため、そのようなシステムは局所SARホットスポットのリスクを抱えている。したがって、この問題を克服するには、さらなる研究が必要である。

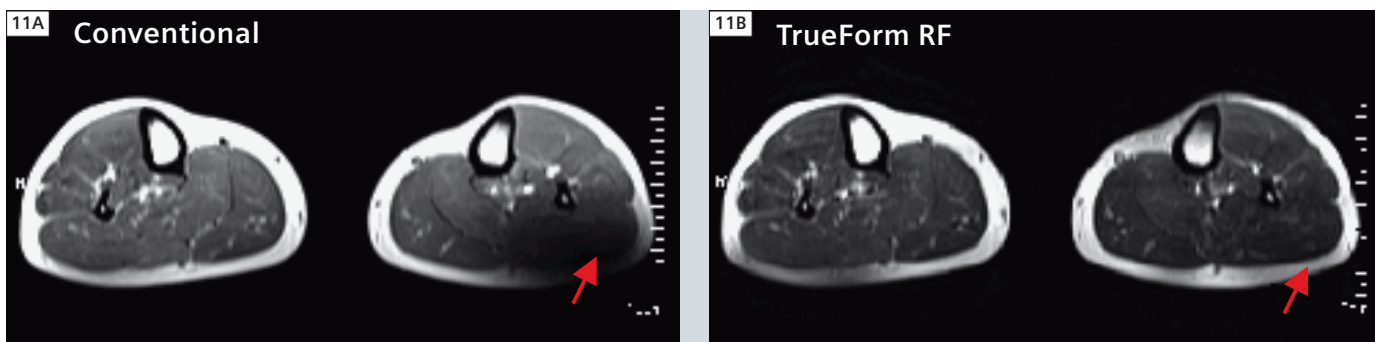
最初にTXアレイテクノロジーを利用可能なのがRFシミングである。RFシミングは実際には並列送信を単純化した形のことと、並列送信ではコイルの複数のアレイエレメントが個別の振幅および位相シフトで励起される。いっぽう、完全並列送信はより複雑な方法で、さらに各アレイコイルエレメントに個別のパルス形状を用いる。したがって、RFシミングは送信アレイの空間パターンを利用するが、傾斜磁場トラジェクトリーのエンコード機能は利用しない。結果として、完全並列送信 (pTX) 法はB1不均一を軽減する性能が優れており、さらに臓器や任意ボリューム別の励起といったアプリケーションも可能である。



9 従来法(左)およびTrueForm RF Excitation(右)のフリップアングル分布マップ。左右乳房の輝度が最も高い部分と低い部分で複数の関心領域を評価した。グレースケール値0~4095が-180°から+180°に相当する。



10 TrueForm RFデザインを適用すると左右乳房の信号強度が均一になる。A:従来法 B:TrueForm



11 TrueForm RFデザインを適用すると大腿の信号強度が均一になる(右)。

References

- 1 J. Nistler et al. Homogeneity Improvement Using A 2 Port Birdcage Coil, ISMRM Proceedings 2007.
- 2 C. Kuhl et al. Effect of B1 Inhomogeneity on Breast MR Imaging at 3.0 T, Radiology 2007; 244:929-930.
- 3 Geppert et al. Reduced B1-inhomogeneities in breast MRI using optimized RF excitation, ISMRM Proceedings 2008.

TrueFormがMAGNETOM Verioの スペクトロスコピーの質を高める

Saadallah Ramadan¹; Peter Stanwell¹; Ravi Seethamraju²; Carolyn Mountford¹

¹ Centre for Clinical Spectroscopy, Department of Radiology, Brigham & Women's Hospital, Boston, MA, USA
ブリガム・アンド・ウィメンズ病院放射線科臨床スペクトロスコピーセンター(アメリカ マサチューセッツ州・ボストン)

² Siemens Medical Solutions, Burlington, MA, USA
シーメンスメディカルソリューションズ(アメリカ マサチューセッツ州・バーリントン)

はじめに

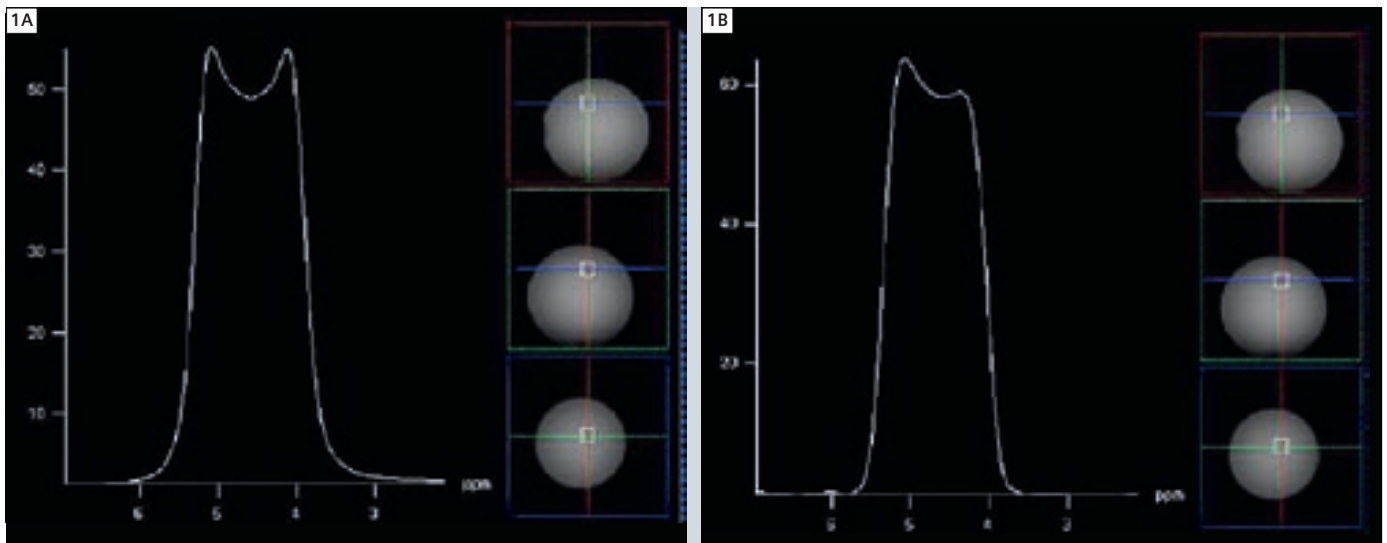
スペクトロスコピーの質がマグネットの磁場均一性に左右されることはよく知られている。また、磁場均一性は磁場強度やボアデザインなどに左右される。短いワイドボアの3TスキャナであるMAGNETOM Verioの場合、これらのファクターはスペクトロスコピーの世界で関心が高い。MAGNETOM Verioは“TrueForm”として知られる最新の技術を用いている。TrueFormでは、CPボディコイルの2つの送信ポートを独立して制御し強度と位相の異なる2つのRF送信をすることにより、B1均一性の改善とSARの低減をもたらす。MAGNETOM VerioのTrueFormデザインは、磁場強度3Tの大口径かつ短いボアで懸念される均一性の問題の解消に役立つ。この新技術はマグネットデザイン、傾斜磁場、RF、撮影および処理プロトコルの改良により可能になった。TrueForm magnetデザインは、静磁場の均一性と傾斜磁場の線形性を円筒形ボリュームで最適化している。本稿では、TrueFormを搭載したMAGNETOM Verioにより、脳および乳房のスペクトロスコピーが十分に行えることを実証する。

1. 標準スペクトル RF パルスの空間プロファイル (sinc および Mao)
RF パルスの空間プロファイルはそのシステムの性能 (送信RFおよび傾斜磁場性能、静磁場均一性) を表す。図1に、90° (sinc) パルスと180° (Mao) パルスの形状を示す。傾斜磁場の線形性とB1均一性が許容できるものであることは、プロファイルの幅とほぼ長方形の形状から明らかである。

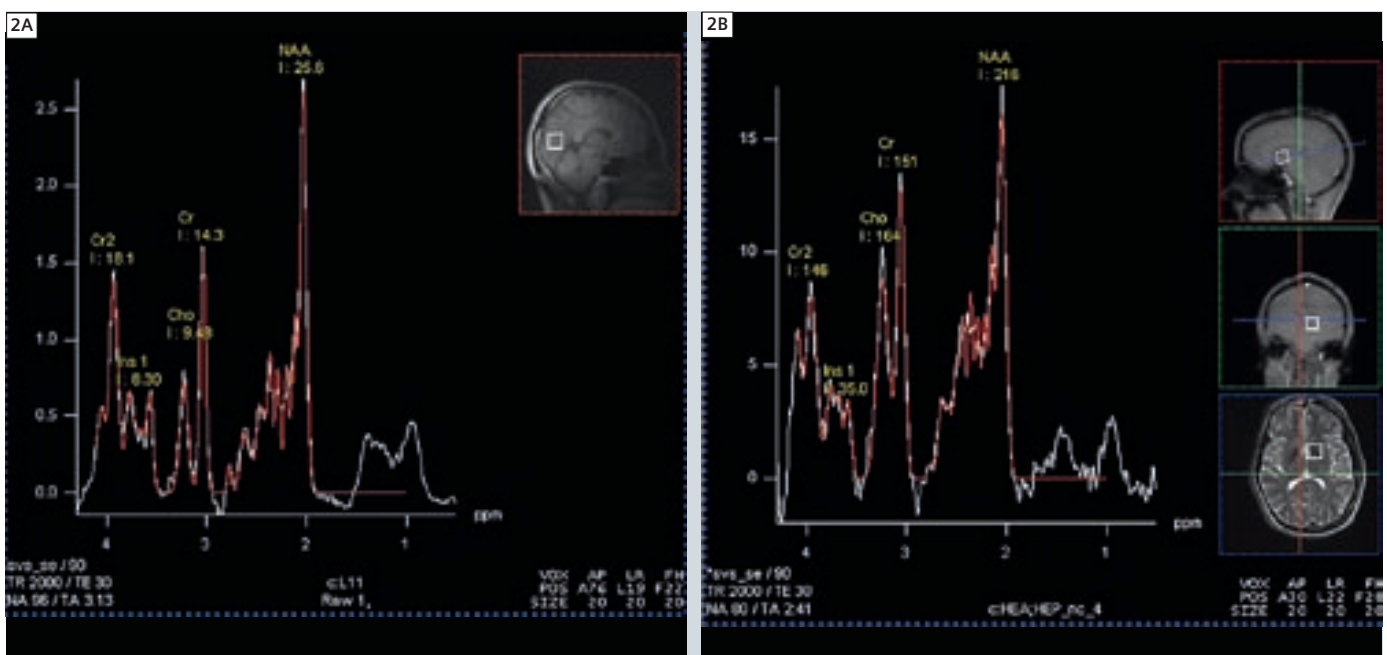
2. ループコイルおよびヘッドマトリクスコイルで収集する脳神経スペクトロスコピー
MAGNETOM Verioは脳神経スペクトロスコピーが十分に行える。図2の左側は、ボディコイル励起および11cmループコイル検出により収集したsvs_se (single voxel spectroscopy, spin echo) スペクトルである。注目すべきは、特にループコイルでの半値幅の狭さ (すなわち優れたスペクトル分解能) と脂肪信号の混入が少ないことである。局所シミングは多数のファクター (RF均一性、マグネットデザイン、傾斜磁場デザイン) が相互に影響しあう機能であるが、4HzというNAA (2ppm)

の半値幅が、局所シミングの精度の高さを示している。これらの結果を得るための重要な要件が、効率的なスライス選択、周波数選択式の励起、不要信号の抑制である。ヘッドマトリクスコイルを用い、信号ノイズ比 (SNR) の低下や脂肪信号の混入を伴うことなく、脳内の測定困難な場所、特に鼻腔・副鼻腔 (図2) からスペクトルを収集することもできる。また、スピンエコー・ケミカルシフト・イメージングCSI_SEを健常ボランティアに用い、関心領域を広げて局所シミングおよび脂肪抑制の有効性を検討した (図3)。TrueFormにより、有効なOuter-Volume-Suppression (OVS) パルスを送信することができると思われる。

図2と同様の観察結果が図3に当てはまり、狭い線幅、許容できるSNR、高いスペクトル分解能、少ない脂肪信号混入が達成されている。このアペレージ3のcsi_selにおけるボクセルサイズの小ささ (1×1×1.5cm³) を考慮すれば、このスペクトルの品質は従来のRF波形で得られる品質に比べて向上している。



1 MAGNETOM Verioでヘッドアレイコイルを用いて収集した2.6 ms 180°Mao RFパルス(左)および2.6 ms 90°sinc RFパルス(右)のプロファイル。これらのパルスの性能はプロファイルの半値幅から明らかであり、半値幅は読み出し(read-out)傾斜磁場で2 cmに相当する。



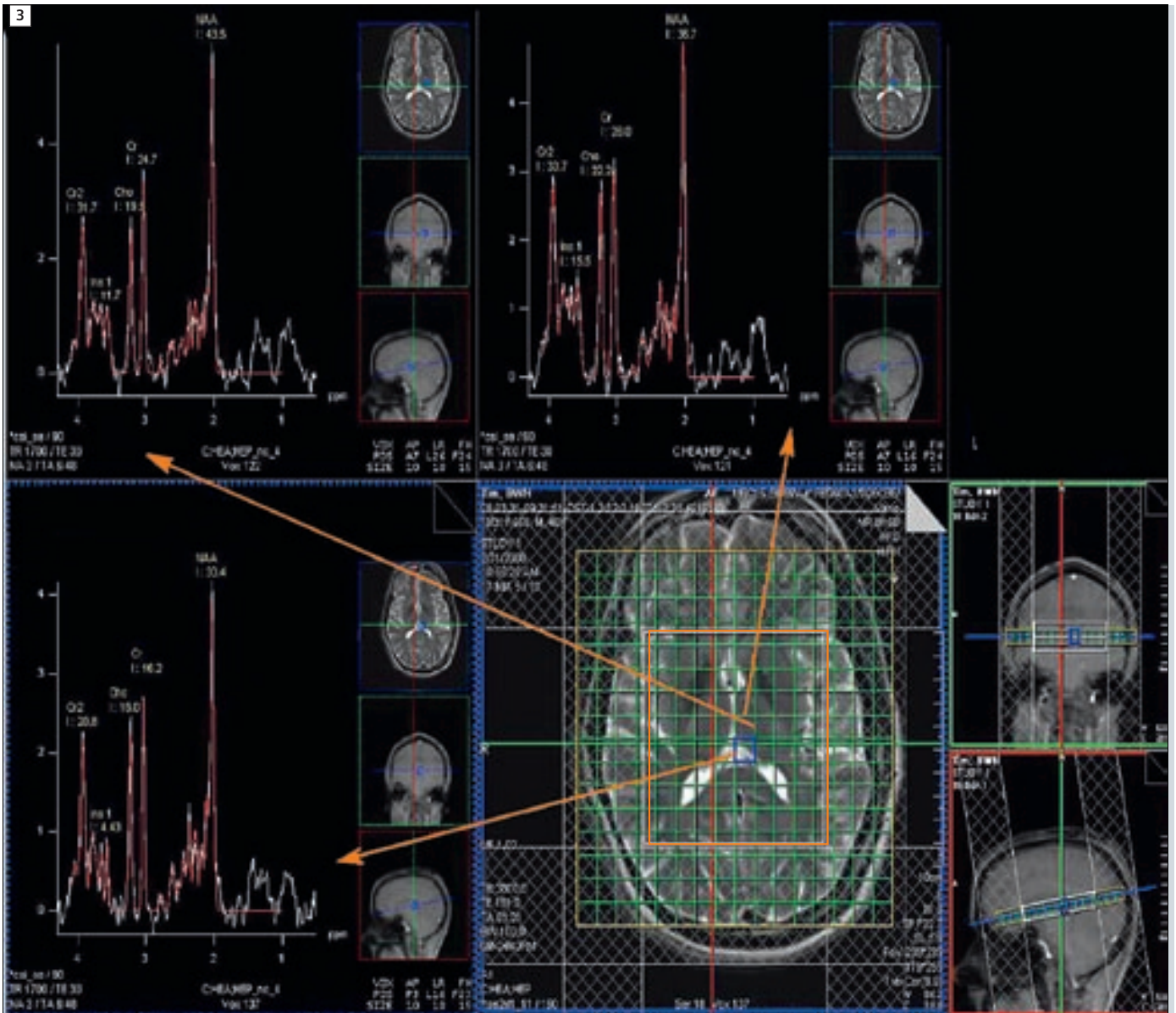
2 標準のshort TE, double-echo (SVS_SE) スペクトロスコピー。(左)シーメンスのシングルチャンネル11 cmループコイルを用いて脳の後頭葉領域にSVS_SEを加えている。(右)副鼻腔に近い脳の測定困難な領域にShort TE SVS_SEを加え、高品質のスペクトルを得ている。

3. 乳房スペクトロスコピー

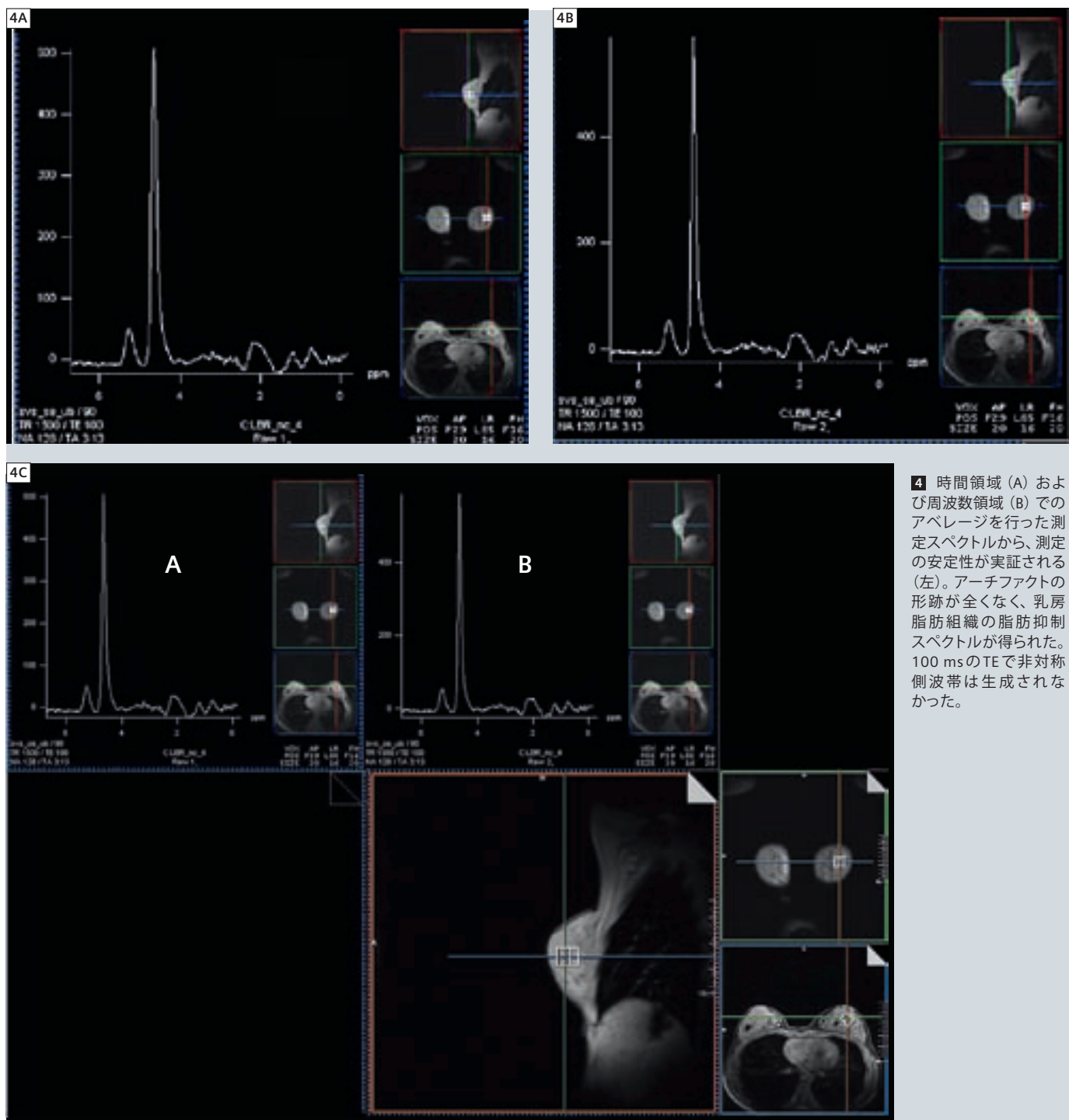
MAGNETOM Verioで脂肪抑制を用いた乳房のin-vivoスペクトロスコピーが可能かどうか検討した。MEGAパルス [3] を用い、1.30ppmにおける脂肪の共鳴信号が良好に抑制された。健常ボランティアの乳房にボクセル (20×16×20mm³) を配置した。体幹部(ユニバーサルボディ)用

SVS_SE (svs_se_ub) を用い、128アベレージの収集の安定性を検討した。アベレージは時間領域(従来)およびフーリエ変換後のスペクトル領域で行われた [2]。図4は同一のFIDを2種類の変換を用いて示したもので、差はなく、安定していることを示している。スペクトルアーチファクト

(ベースラインのうねり等)を引き起こすことなく、大きな脂肪のピークが抑制された。反対称ピーク [1] は100msのTEでは観察されなかった。



3 シミングはスペクトロスコピーの成功に不可欠なものであり、このことは特にマルチボクセルCSIに当てはまる。16×16グリッド2D CSIデータ(左)の品質と共鳴信号の分解能が、B0均一性が良好であることを示している。ボアを広くしても均一性は低下しないが、TrueFormテクノロジーが補償すると思われる。



4 時間領域 (A) および周波数領域 (B) でのアベレージを行った測定スペクトルから、測定の安定性が実証される (左)。アーチファクトの形跡が全くなく、乳房脂肪組織の脂肪抑制スペクトルが得られた。100 ms の TE で非対称側波帯は生成されなかった。

References

- 1 Bolan, P. J., Delabarre, L., Baker, E. H., et al. 2002. Eliminating Spurious Lipid Sidebands in 1H MRS of Breast Lesions. *Magn. Reson. Med.*, 48: 215–222.
- 2 Gabr, R. E., Sathyanarayana, S., Schar, M., et al. 2006. On Restoring Motion-Induced Signal Loss in Single-Voxel Magnetic Resonance Spectra. *Magn. Reson. Med.*, 56: 754–760.
- 3 Mescher, M., Merkle, H., Kirsch, J., et al. 1998. Simultaneous in vivo spectral editing and water suppression. *NMR. Biomed.*, 11: 266–272.

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 0120-041-387

仕様は予告なく変更する場合がありますのでご了承願います。
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-540(0909CLB5K)

www.siemens.co.jp/healthcare/