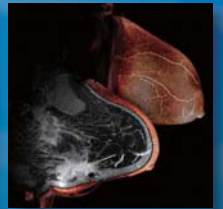
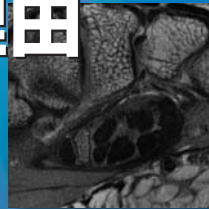
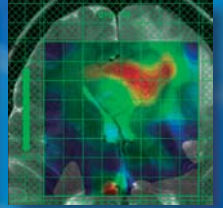
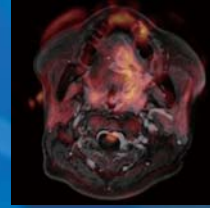
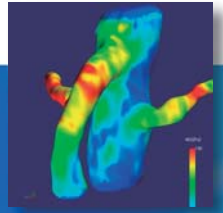


特集

Step up MRI 2007

— 3T MRIである理由



Step up
MRI
2007

I クリニカル3T MRIの知っておきたい基礎知識

3T MRIの特長と課題

土橋 俊男 日本医科大学付属病院放射線科

3T MRI装置の特徴を安全性の面から考えると、静磁場強度の上昇による磁性体に対する吸引力の強さと、比吸収率 (specific absorption rate : SAR) の増大に対する注意が挙げられる。臨床面から考えると、第一にS/Nの高さが挙げられる。このS/Nの高さを、実際の臨床では撮像時間の短縮や空間分解能の向上に利用できる。一方、磁化率効果の増強やコントラストの変化は、問題点となる場合がある。しかしながら、磁化率効果の増強を利用した新たなコントラスト画像である susceptibility weighted imaging (SWI)^{1), 2)} や神経メラニン画像²⁾ が注目

を集めている。

0.5Tから1.5Tに静磁場強度が上がったとき以上に、3Tに対する期待は高いと考えられるが、同時に克服すべき課題が多いのも事実である。

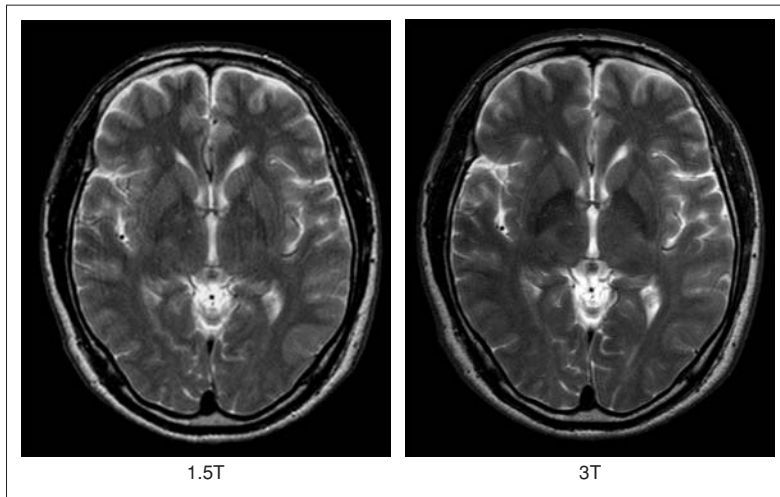
安全性

1. 静磁場強度

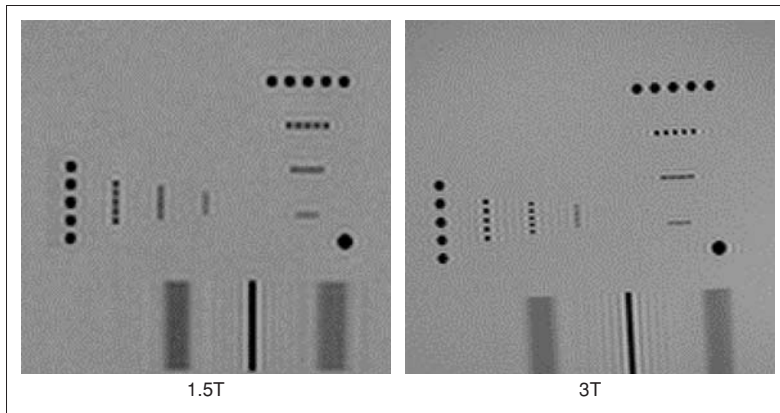
3T MRIの特長として、静磁場強度の上昇による磁性体に対する吸引力の強さが挙げられる。最近の小型マグネットでは、シールド技術の進歩により漏洩磁場の範囲

も1.5T装置とそれほど大きな差がなく、吸引力が表れる位置が1.5T装置とほとんど変わらない。これは、ガントリの開口部で急激に磁場強度が減衰し、1.5Tと比較して開口部付近の磁場の傾斜が急になっていることを物語っている。磁性体に対する吸引力は、磁性体の質量と磁場勾配に比例する。したがって、ガントりに近づくと急に吸引力が強くなるため、磁性体の持ち込み防止には細心の注意が必要である。

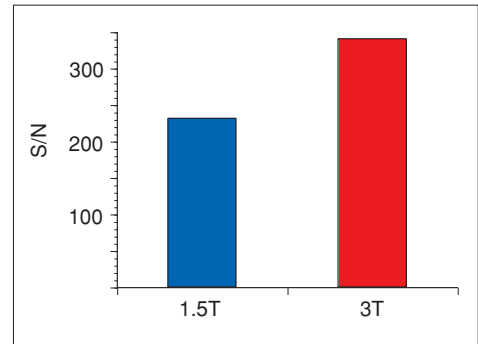
また、当院では磁場酔いと思われるめまいを訴えた患者および担当者が数名いる。3Tによる検査の事前説明に追加する必要があるかもしれない。



a : T2強調像の比較



b : 空間分解能の比較



c : S/Nの比較

図1 1.5Tと3Tの比較 (T2強調像)

〈撮像条件〉

1.5T : TR/TE/ETL/matrix/scan time = 4100ms/100ms/15/256 × 256/1min13s

3T : TR/TE/ETL/matrix/scan time = 3600ms/90ms/13/400 × 280/2min6s

空間分解能を上げて撮像しても、3TでS/Nが高くなっている。撮像時間は、3Tの方が長くなっている。

2. SAR

SARは電磁波の組織吸収率であり、静磁場強度の2乗に比例して上昇する。そのため、照射部位の温度上昇や火傷の原因となる可能性がある。この影響により、1.5Tと同じTR、TE (SE法) の設定においても、撮像枚数が減少することがある。また、180° pulseを連続する高速SE法などでは、refocus pulseの flip angle (FA) を100~120°程度に下げるなど、画質のほかにSARも考慮したパラメータの設定が必要になる。

臨床面

高磁場MRIの特徴は、① S/Nの向上、② 磁化率効果の増大、③ 緩和時間の変

化による画像コントラストの変化、などがあり、これらに関して実際の画像とファントムによる検討結果を示しながら述べる。

1. S/Nの向上

S/Nの向上は、3T MRI装置の最大の利点である。1.5Tと3Tの頭部T2強調像とS/N、空間分解能の比較を図1に示す。空間分解能を上げているにもかかわらず、3TのS/Nが高い。このS/Nの高さは、頭部だけではなく各部位の検査において有利となる。例えば、腹部における呼吸停止のボリュームデータ収集法³⁾などにも利用できる。18秒程度の呼吸停止時間内に2mm × 2mm × 2mmの isotropic voxelに近いデータを取得可能となる (図2)。

2. 磁化率効果の増大

磁化率効果は、sampling bandwidthを含めたすべての撮像条件が同じ場合は、静磁場強度に比例して大きくなる。ファントムによる比較を図3に示す。この磁化率効果の増強は、消化管内のガスの影響によるアーチファクトの増大や、画像歪みの増加につながる。しかしながら、磁化率効果を利用したSWIでは有利に働く。また、最近注目されている神経メラニン画像も、この磁化率効果の増強が大きく働いていると考えられる。

3. 画像コントラスト

3Tでは、1.5Tに比べT1緩和時間の延長や磁化率効果の増強により画像コントラストが1.5Tと異なることがある。

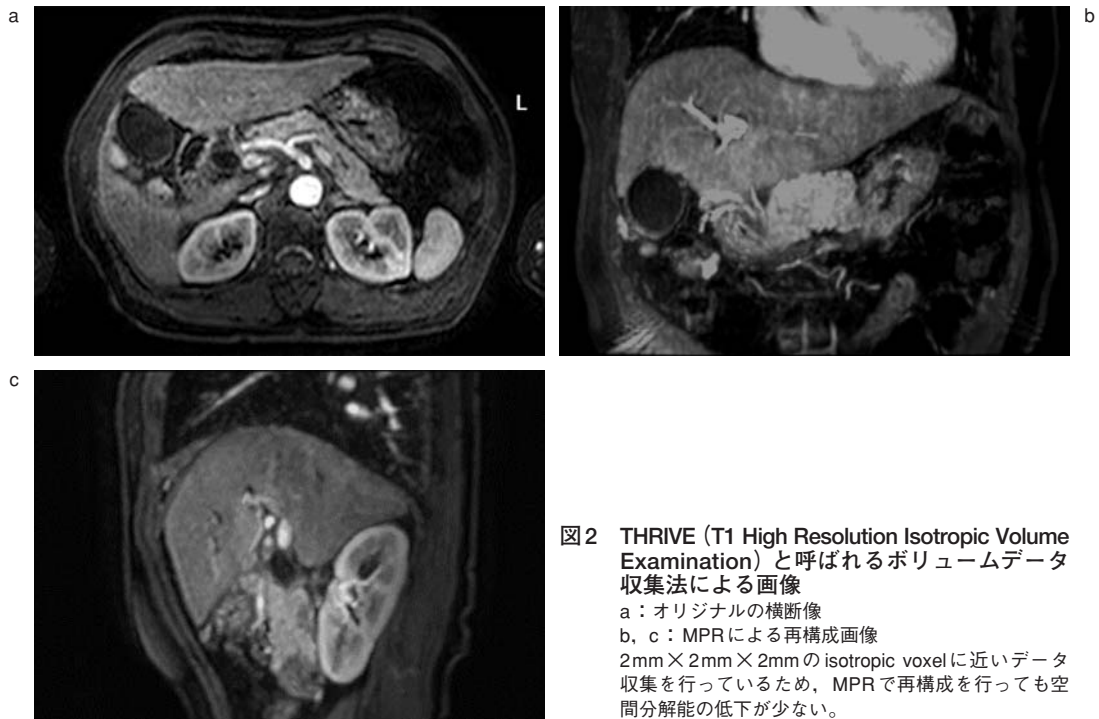


図2 THRIVE (T1 High Resolution Isotropic Volume Examination) と呼ばれるボリュームデータ収集法による画像
 a : オリジナルの横断像
 b, c : MPRによる再構成画像
 2mm×2mm×2mmのisotropic voxelに近いデータ収集を行っているため、MPRで再構成を行っても空間分解能の低下が少ない。

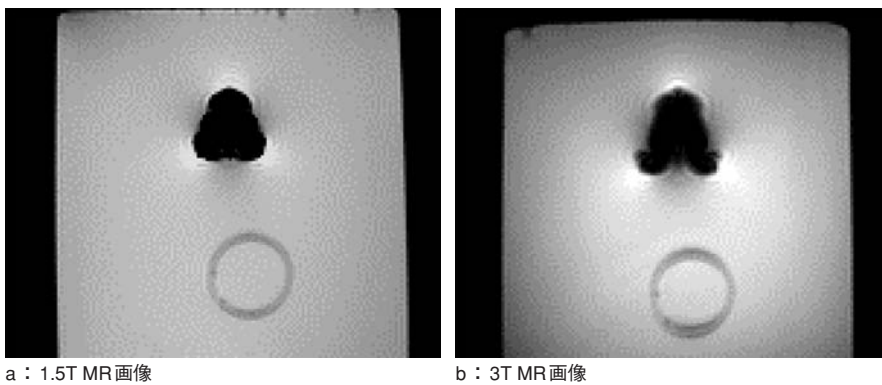


図3 磁化率効果の比較
 1.5Tと3Tで、sampling bandwidthを含めすべての撮像条件を一定にして撮像した。
 TR/実効TE/ETL/ES/BW = 300ms/100ms/15/12.5ms/64.5Hz (pixel), refocus pulseのFAは110°で統一。

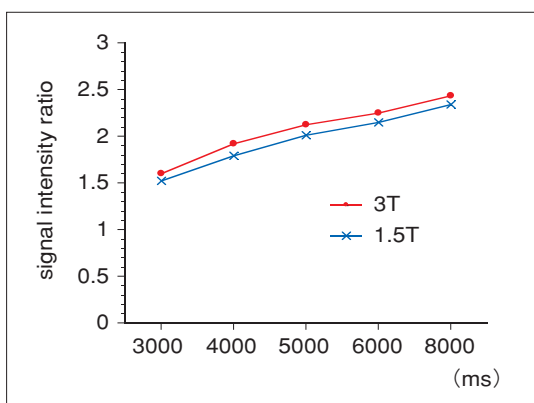


図4 1.5Tと3Tの脂肪と生理食塩液の信号強度比
 TR以外の撮像条件はすべて図3と同一である。

頭部では、SE法におけるT1強調像のコントラスト低下と、T2強調像における淡蒼球、被殻、内包後脚などの低信号化が挙げられる。前者がT1緩和と磁化延長の影響であり、後者は磁化率効果増強の影響である。

骨盤部のT2WIにおいて、TRが3000～4000msの場合、膀胱(尿)の信号強度が脂肪よりも低下する現象が指摘されている。T1緩和時間の延長の影響であるが、1.5Tと3Tによる脂肪(ベビーオイル)と生理食塩液の信号強度比の比較か

らはそのような現象は認められなかった(図4)。実際の尿と脂肪の緩和時間とは異なるが、すべての撮像条件を同じにした比較では大きな差は現れなかった。

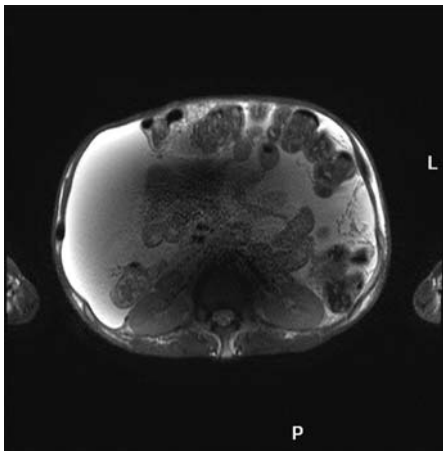


a : 3D-TOF

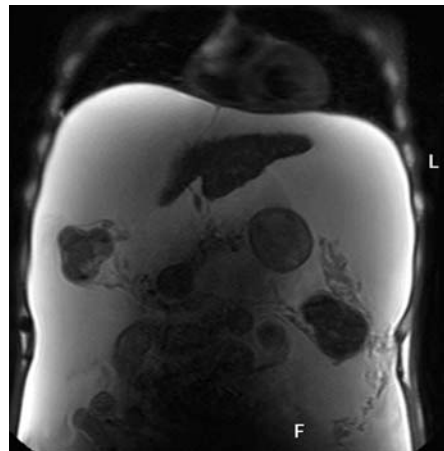


b : 心電図同期2D-TOF

図5 非造影による
頸部 (a) と下肢 (b) のMRA



a : 高速SE法におけるT2強調像(横断面)



b : single shotの高速SE法におけるT2強調像
(冠状断面, SENSE使用)

図6 腹水が大量に存在する場合の画像
誘電率効果により信号損失が著しい。

その他

1.5T装置に比べ約2倍のS/Nを有するため、1/4の撮像時間で同等のS/Nを確保できることになる。そのため、短時間撮像が必要な場合は、撮像時間の短縮に有用ではあるが、SE法を用いたT1強調像などでは、SARの問題でTRあたりの撮像枚数が減少するため、期待したほど撮像時間の短縮はできない。逆に撮像時

間が延長することもある。

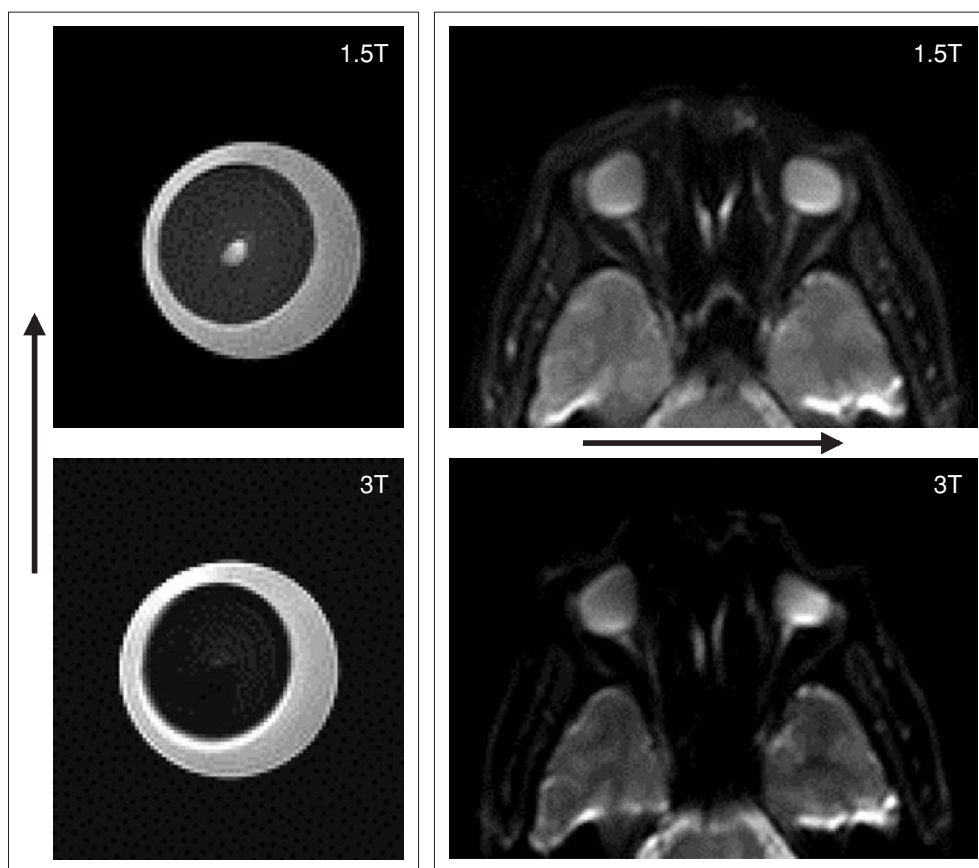
TOF (time of flight) 法を用いたMRアンギオグラフィ (MRA) は、頭部だけでなく頸部、骨盤～下肢に関しても、1.5Tに比べ画質が大きく改善する。これは、S/Nの向上 (血液信号の上昇) とT1緩和時間延長による静止部の信号抑制効果が関係していると考えられる。図5に、3Tによる頸部MRAおよび下肢MRAを示す。

最後に、誘電率効果、ケミカルシフト

アーチファクト、画像歪について、1.5Tと3Tの違いを述べる。

1. 誘電率効果

3Tでは、RF磁場 (B_1) の不均一が大きくなる可能性がある。特に、腹部撮像時に腹水が大量に存在する場合、誘電率効果による信号の不均一が顕著に現れる (図6)。



a : T2強調画像によるケミカルシフト

b : EPI法による画像歪み

図7 ケミカルシフトアーチファクトと画像歪み

1.5Tと3Tで、sampling bandwidthを含めすべての撮像条件を一定にして撮像した。

→ 周波数エンコード方向

2. ケミカルシフトアーチファクト

水と脂肪のケミカルシフトも、3Tでは大きくなる。1.5Tと3Tで撮像条件を同一にして、卵を撮像した画像を図7 aに示す。sampling bandwidthが同じ場合には、2倍のピクセル数のケミカルシフトアーチファクトが発生することになる。ケミカルシフトを減少させるためにsampling bandwidthを広くすると、S/Nが減少することになる。

3. 画像歪み

EPI (echo planar imaging) 法による画像歪みの比較を図7 bに示す。撮像条件が同じであれば、磁化率効果が増強する3Tで画像歪みが大きくなる。

◎

国内において、3T装置の臨床応用は始まったばかりである。頭部での有用性は多くが認めるところであり、心臓、脊椎、腹部、骨盤部および四肢・関節でも、3Tの有用性を生かした臨床応用が期待されている。

今後、3Tを用いた臨床応用がさらに増加するものと思われる。3Tの特徴と問題点を整理し、その可能性を引き出す撮像方法と問題点を克服する撮像方法を考えることが必要であろう。

●参考文献

- 1) 井田正博, 吉澤 寿, 元良健一・他: SWIの臨床応用 — 画像構築の原理と急性期梗塞における有用性. *INNERVISION*, 21・9, 41~46, 2006.
- 2) 佐々木真理, 柴田恵理, 井上 敬・他: 3T MRIの中枢神経系疾患への応用. *日本磁気共鳴医学会雑誌*, 26・4, 165~171, 2006.
- 3) 土橋俊男, 松村善雄: 3T装置を用いたTHRIVEの初期経験. *Rad Fan*, 5・6, 57~60, 2007.