

MRIの新たな可能性

— 日常検査のための最新アプリケーション —

第39回日本磁気共鳴医学会大会が、2011年9月29日(木)～10月1日(土)の3日間、リーガロイヤルホテル小倉(北九州市)で開催された。最終日に行われた東芝メディカルシステムズ(株)共催のランチョンセミナーでは、自治医科大学附属さいたま医療センター放射線科教授の田中修氏が座長を務め、杏林大学医学部放射線医学教室講師の横山健一氏と、川崎医科大学放射線医学(画像診断)教授の伊東克能氏が講演した。

講演

Seminar Report

1

3T MRIによる心血管領域への臨床応用

横山 健一 杏林大学医学部放射線医学教室講師

当施設では、2010年9月に東芝メディカルシステムズの3T MRI[Vantage Titan 3T(以下、Titan 3T)]を導入し、1年経過した現在、ルーチンで有用な画像が得られている。Titan 3Tの最大の特長は、RFパルス送信の位相と振幅を最適化し、均一なRF励起を得るMulti-phase Transmissionである。2chのRFアンプ、4ポートの給電ポイントという仕組みにより、RF磁場(B₁)不均一や画像ムラを低減し、心血管領域においても威力を発揮している。

頭部血管における臨床応用

3Tの有用性が期待される頭部の血管イメージングには、造影MRA(MR DSA)と非造影MRA(Time-SLIP法)がある。

●造影MRA(MR DSA)

1.5TでのMR DSAは、パラレルイメージングやDRKS(differential rate k-space sampling)などのk-space sharingにより時間分解能の向上を図っていた。3Tではそれに加えて、高いSNRを時間分解能や空間分解能の向上に生かすことができ、造影剤のT1短縮効果の増大も期待される。

また、DRKSを用いたMR DSAでは、時間分解能が0.8秒で、さらに空間分解能を上げて撮像することが可能であり、細かい穿通枝まで描出することができる。また、髄膜腫などの脳腫瘍も良好に描出できる(図1)。

●非造影MRA(Time-SLIP法)

3TによるTime-SLIP法MRAは、高SNR、組織T1緩和時間の延長、短時間撮像が利点である。一方、磁場不均一の影響によるアーチファクトの増加(特に頭蓋底近傍での画質劣化)や、SARの制限を受けやすいという課題もあるが、3Tを使うメリットは十分にあると考える。

心臓における臨床応用

心臓領域における、1.5Tと比較した場合の3Tの利点は、高SNRと組織T1緩和時間の延長である。ただし、静磁場(B₀)やRF磁場(B₁)の不均一、susceptibility artifactによる信号欠損などの問題があり、特にSSFP法の多用による、SARの制限も課題である。

●シネMRI(機能解析)

シネMRIは、心筋や血液のSNR、心筋と心内腔のCNRが高いとされるが、実際はSARの制限により、長いTRと低いフリップ角(FA)を使用せざるを得

ず、1.5TよりもSNR、CNRの低下がありうる。加えて、B₀、B₁不均一によるアーチファクトも課題だったが、Multi-phase Transmissionにより、SARの制限が緩和され、短いTRや高いFAが利用可能となるため、血液コントラスト向上やアーチファクト軽減が期待される。

また、banding artifactが目立つことも従来からの課題であったが、TRを長く設定することで良好な画像の取得が可能となった。banding artifactの出現場所には個人差があるが、Titan 3Tの“f₀ prep”機能は、一連の中心周波数(f₀)の画像を一度に得ることが可能で、banding artifactの最も少ない画像を選択することができる(図2)。

●タギングMRI(図3)

タギングMRIは、presaturation pulseを印加することで線状の低信号領域(タグ)を生じさせ、局所の壁運動の評価や、歪みの評価を行う。3Tを用いると、組織T1緩和の延長効果により、

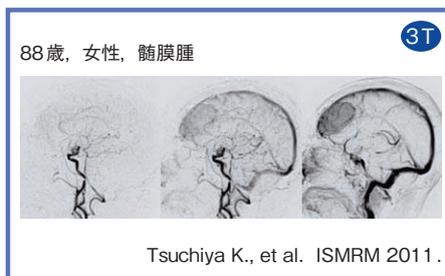
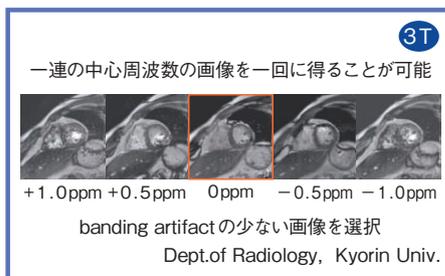


図1 MR DSA(DRKS)による髄膜腫の描出

図2 f₀ prep機能: banding artifactの少ない画像を選択

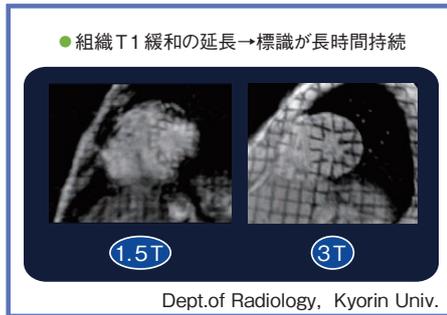


図3 タギング MRI

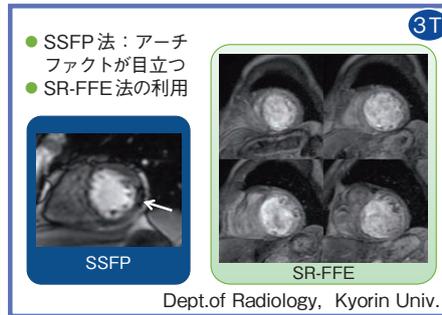


図4 心筋 perfusion MRI

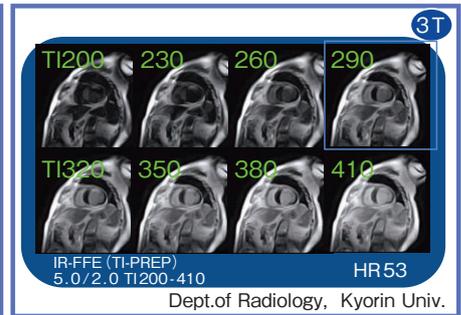


図5 TI prep 法を用いて最適な TI 値を選択

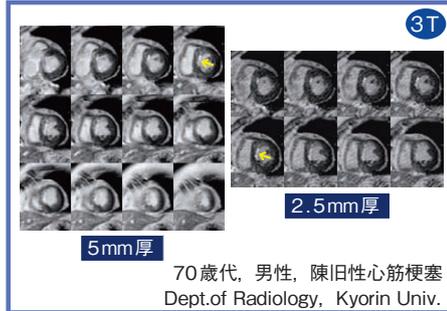


図6 遅延造影 MRI：深達度の低い梗塞の評価

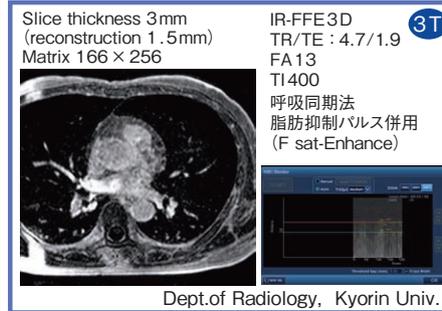


図7 WH-LGE method

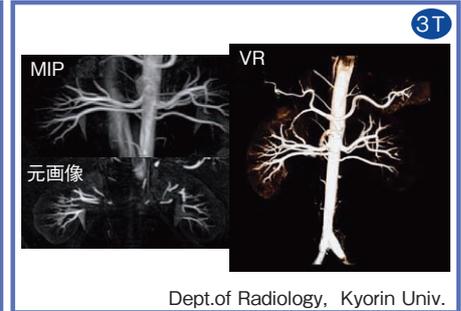


図8 腎動脈 MRA (Time-SLIP 法)

標識が長時間継続するため、タグが収縮期まで残り、非常に観察しやすくなる。

● 心筋 perfusion MRI

心筋 perfusion MRIでも、高い SNR や CNR を空間分解能向上に役立てる試みがなされており、心内膜縁のアーチファクト低減や、診断特異度の向上が期待される。磁場不均一という課題も、Multi-phase Transmissionにより改善されるものと思われる。なお、心筋 perfusion MRIは、SSFP法ではアーチファクトが目立つため、当施設では、Multi-phase Transmissionを使ったSR-FFE法 (Saturation Recovery FFE法) をルーチンで用いている (図4)。

また最近では、DRKSと SPEEDER (パラレルイメージング) を組み合わせて、計12倍速で3Dのデータを取る試みが行われている。3Dにより、心臓全体を細かな断面で観察可能で、より広い範囲の虚血の評価や定量的評価に有用である。まだ時間分解能が足りないことが課題だが、心筋 perfusion MRIは今後、3Dの方向に進むことが考えられる。

● 遅延造影 MRI

3Tでは、梗塞心筋/正常心筋の CNRが高いと言われている。T1緩和時間の延長により、1.5Tと比べて正常心筋を null point とする反転時間 (TI) の延長が予想されるが、TI prep 法を用

いることで最適な TI 値を選択できる (図5)。

高 SNR を空間分解能向上に生かす検討もしており、より薄いスライス厚で撮像することで、深達度の正確な評価に役立つと考えられる (図6)。また、呼吸同期で心臓全体をコナリー MRA のように撮像し、非常に薄いスライス厚で3Dのデータを収集する whole heart (WH) - LGE method の3Tへの応用も考えている (図7)。

腎動脈における臨床応用

3Tを用いた体幹部や四肢の非造影 MRA では、1.5Tと比べて SNR が高く、組織 T1 緩和時間が延長する。B₁ 不均一や SAR の制限といった課題は Multi-phase Transmission により改善する。図8は、Time-SLIP 法による腎動脈 MRA であるが、末梢までの明瞭な描出が、ルーチンで可能となっている。

Multi-phase Transmission の on/off での腹部領域の B₁ マップ比較検討でも、Multi-phase Transmission の有用性が報告され、1.5T と 3T を比較した検討では、3Tの方が腎動脈末梢の描出に優れ、背景信号が抑制されてコントラストが高いことが報告されている。また、BBTI (black blood time to inversion) と血管描出能の関係の検証からは、

BBTI 1500 ms 程度で、高コントラスト画像を得られることがわかってきた。

腎動脈描出能の視覚的評価では、SSFP法を使うために大動脈などは1.5Tの方が均一性が高い印象があるが、腎動脈末梢は3Tの方が描出能が高く、また腎実質抑制効果も見られ、腎動脈と背景腎の信号差が高いことから、腎動脈では、3Tが非常に優れていると言える。

まとめ

心血管領域の3T MRIは、1.5Tと比較して SNR 向上や T1 緩和時間延長効果により画質が向上し、臨床応用が広がっている。SAR の制限や SSFP 法でのアーチファクト増加、磁場不均一といった課題は、Multi-phase Transmission により改善が期待できる。東芝メディカルシステムズが得意としてきた非造影 MRA においても、3T 本来の特長を生かした検査が可能となっている。



横山 健一

Yokoyama Kenichi
1991年新潟大学医学部卒業。杏林大学医学部付属病院放射線科、東京通信病院放射線科、東京都立府中病院 (現東京都立多摩総合医療センター) 放射線科を経て、2005年より現職。