

3テスラ MRI の新たなポテンシャル

JRC2012 (第71回日本医学放射線学会総会, 第68回日本放射線技術学会総会学術大会, 第103回日本医学物理学会学術大会) が, 4月12日(木)~15日(日)の4日間, パシフィコ横浜で開催された。13日に行われた東芝メディカルシステムズ(株)共催の合同企画産学連携セミナーでは, 東京女子医科大学画像診断学・核医学講座教授の坂井修二氏が司会を務め, 杏林大学医学部放射線医学教室講師の横山健一氏と, 東京女子医科大学画像診断学・核医学講座准教授の田嶋 強氏が講演した。

講演

Seminar Report

1

3テスラ装置による心臓MRI

～より早く質の高い検査を目指して～

横山 健一 杏林大学医学部放射線医学教室講師

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)」を導入してから1年半が経過した。本講演では, Titan 3Tによる心臓MRIの臨床を中心に, 3T装置による心臓MRIの利点と欠点を述べるとともに, 新しく開発された技術・機能についても解説する。

Vantage Titan 3Tの特徴

Titan 3Tの特徴の1つがOpen boreシステムである。従来, 60cmであった開口横径が71cmに拡大し, 体格の大きな患者や閉所恐怖症の患者でも, 快適な検査ができるようになっている。

心臓MRIに直接関係する最も重要な機能が, Multi-phase Transmissionである。RFパルス送信の位相と振幅を最適化して均一なRF励起を得る機能で, 2chのRFアンプ, 4ポートの給電ポイントという仕組みが同装置の特徴の1つである。

また, 心電図同期については, 3Tのために工夫された技術や, 機能を搭載している。3T装置では, 有線心電図同期を行うとノイズが混入してしまうため, それを回避するために無線心電図同期を採用した。また, トリガー波形を増幅, あるいはT波を除去(T Wave Suppression)する機能を搭載し, 確実な同期撮影が可能となっている。

心臓領域における3T MRIの利点と欠点

1.5Tと比較した場合の3Tの利点としては, SNRの高さ, 組織のT1緩和時間の延長が挙げられる。組織のT1緩和時間延長については, 特にタギングMRIなどで有用性を発揮する。一方, 欠点としては, B₀(静磁場)やB₁(RF磁場)の不均一, susceptibility artifactによ

る信号欠損が挙げられる。また, SARが制約されることから, 心臓MRIで用いるSSFP法が利用しづらいことが以前から指摘されている。

シネMRI(SSFP法)を例に見ると, 3TではSNRやCNRが高いと言われていたが, 実際には撮像条件の制限があり, 必ずしもそうとは言えない。banding artifactが目立つことも指摘されていた。また, SARの制限から, 長いTRと低い

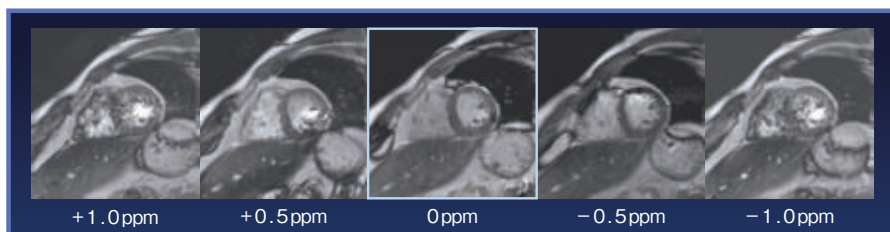


図1 f₀ prep機能

一連の中心周波数(f₀)の画像を一度に撮像し, 最もアーチファクトの少ないものを選択する。

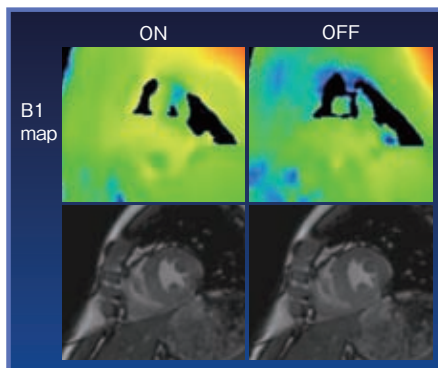


図2 Multi-phase Transmission on/offの比較

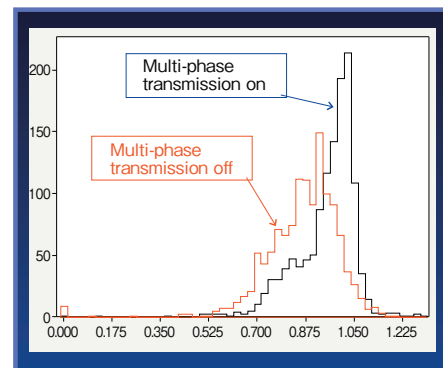


図3 図2の症例におけるB₁値のばらつき評価(ヒストグラム)

Multi-phase transmission onで, より分布の幅が狭まり, 「1」へ収束している。

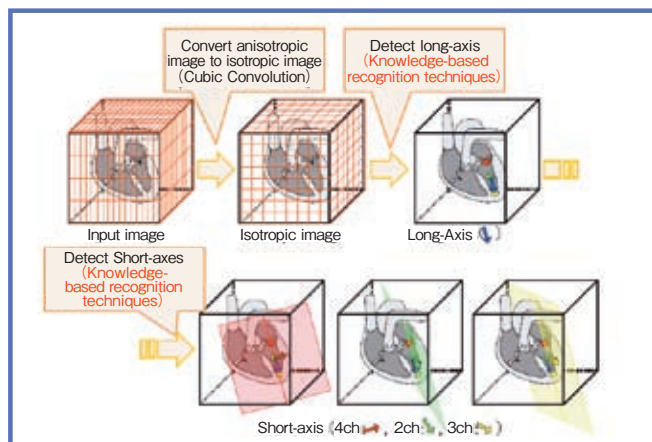


図4 CardioLineの原理イメージ



図5 CardioLineの画面

自動で位置決めされた6断面が表示される。

フリップ角 (FA) を使用せざるを得ず、SNRとCNRの低下による不十分な血液コントラストや、 B_0 、 B_1 不均一によるアーチファクトが課題であった。しかし、この点については、Multi-phase TransmissionによりSARの制限が緩和され、短いTRや高いFAが使用可能になることから、解決が期待される。

それでも、臨床例ではbanding artifactが目立つケースも出てくる。その解決方法の1つとして、中心周波数をシフトさせる方法があり、Titan 3Tには、“ f_0 prep”機能が搭載されている(図1)。これは、一連の中心周波数の画像を一度に撮像して最もアーチファクトの少ないものを選び、その中心周波数でシネMRIを撮像することで、よりアーチファクトが目立たない画像を得ることができる。

Multi-phase Transmissionの画質への効果

シネMRIにおけるMulti-phase Transmissionの画質への効果を検討した。

Multi-phase Transmissionのon/offを切り替えた画像を比較すると、onの方が画質の向上が認められる(図2)。 B_1 マップの比較でもonの方が均一性が高く、指定FAに対して、どの割合で倒れたかを正規化したヒストグラムからも、onの方が1へと収束し、より均一であることが見てとれる(図3)。

また、ボランティア14例のシネ画像について心筋と心内腔間のCNRも測定したところ、onの方が有意に優れており、Multi-phase Transmissionが画質改善に効果があることが確認できた。

位置決めアシスト機能“CardioLine”

今春、当院との共同開発により、心臓検査で基準となる6断面(垂直長軸、水平長軸、左室短軸、三腔、二腔、四腔)を自動設定する、世界初の位置決めアシスト機能“CardioLine”が新たに発表された。原理としては、まず心電図同期のSSFP法で、1回の息止め下に、約20秒程度でマルチスライス横断像を撮像し、アイソトロピックなデータに変換する。そして、心臓の複数の特徴部位の統計的なパターンを認識する事例ベースの部位推定技術により、高精度に自動で断面の位置決めを行う(図4)。例えば、シネ画像の撮像においては、従来は断面ごとに位置決めと撮像を繰り返す必要があったが、CardioLineにより一度の撮像で位置決めが可能となる。位置決め用のデータを収集後、2秒程度で6断面が表示される(図5)。微調整も容易にでき、位置決めを確定すると、自動でシネ画像の撮像が始まる。

シネ画像の撮像時間について、当施設で心臓MRI検査に最も熟練している診療放射線技師が、従来のマニュアル法とCardioLineを用いた場合とで比較したところ、マニュアル法では10分半ほどかかったのに対し、CardioLineは6分半で完了した。CardioLineにより、撮像時間の短縮が可能となり、検査効率の大幅な向上が期待できる。

CardioLineの精度評価

40例の心疾患症例を対象に、2名の放

射線科医の合議による断面設定と、CardioLineによる断面設定について、角度とポジショニングの誤差を測定した。その結果、角度誤差は二腔では約 11° と目立ったが、ほかの断面は $4\sim7^\circ$ 程度であった。また、ポジショニングの誤差は、最も目立つのが短軸像の心基部で5mm程度であり、ほかは $1\sim3$ mm程度であった。

心臓MRIのエキスパートが別個に断面設定をした際の、観察者間の角度誤差が $5\sim10^\circ$ との報告もあることから、CardioLineによる断面設定の誤差は、十分に許容範囲内であると考えられることができる。

まとめ

3T装置による心臓MRIは、Multi-phase Transmissionなどの機能により、RF(B_1)の不均一といった問題が解消され、高いSNRなどの特徴を生かした良好な画質が得られるようになっている。また、CardioLineや f_0 prepなどの機能により、より速く質の高い検査を行うことが可能となっている。

3T本来の特徴をさらに生かし、常に安定した画像が得られるように、今後も新たなシーケンス開発やプロトコルの最適化が必要だと考える。



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。