

3. 胸部領域

3) 肺

——文献的考察を踏まえた3T MRIの現状と展望

大野 良治 神戸大学大学院医学研究科内科系講座放射線医学分野

わが国において、全身用3Tesla（以下、3T）核磁気共鳴（magnetic resonance：MR）装置が2005年に薬事承認され、中枢神経領域や骨軟部領域などを中心に、臨床的有用性が示唆されるとともに、1.5T MR装置の更新あるいは3T MR装置の新規設置がなされ、体幹部での臨床応用も可能となりつつある。3T MR装置では当初、ボディコイルによる撮像のみであったものの、各種のフェイズドアレイコイルの臨床導入、パラレルイメージング法の多チャンネル化による撮像条件の自由度の向上、各種撮像法の開発およびラジオ波（radio frequency：RF）送信に関する新技術の開発により、現在では、導入当初に比してはるかに向上した画質を臨床現場で得ることが可能になりつつある。

一方、肺においては低いプロトン密度、磁場の不均一性とそれに伴う短いT2*値などの影響により、1.5T MR装置が臨床応用され始めた1990年代初頭では、肺疾患への応用は限定されてきたが、現在では形態・機能診断などを含めて肺疾患への核磁気共鳴画像（magnetic resonance imaging：MRI）の臨床応用は飛躍的に拡大しつつある。

したがって、本稿においては、急速に進む肺疾患のMRI臨床応用における3Tの現状と将来展望に関して、文献的考察を中心に述べる。

3T MR装置の特徴と肺MRIにおける位置づけ

3T MR装置の最大の利点である高い信号雑音比（signal to noise ratio：SNR）は、理論的には静磁場磁束密度（B0）に比例するので、1.5Tの2倍のSNRが得られる^{1), 2)}。この高いSNRは高空間分解能化、あるいは撮像時間の短縮化を可能にする。

しかし、3T MR装置は高いSNRが得られる可能性がある反面、画質劣化に影響するいくつかの根源的事象を伴うことも知られている。①3T MR装置における強い磁化率効果は、T2*緩和時間短縮による信号低下を生じさせ、B0の不均一性を増強することで、画像の歪みが1.5T MR装置に比してより顕著となる^{1), 2)}。②3T MR装置においては、1.5T MR装置に比して化学シフトアーチファクトを倍増させ、狭い受信帯域幅では画質劣化の主な問題となる。③T2緩和時間は軽度短縮するのみであるものの、T1緩和時間は1.5T MR装置に比して1.1～1.4倍に延長する^{3), 4)}。④RFパルスによる発熱効果はB0の二乗に比例して、1.5T MR装置の4倍に増加することとなり、比吸収率（specific absorption rate：SAR）基準値を超えてしまう。特に、RFパルスを短時間に多く照射する撮像法では、SARの増加が顕著であり、スライス枚数の制限を受けて撮像時間が延長する。また、SARはフリップ角の二乗で増加するため、Turbo Spin Echo

（TSE）法のリフォーカスパルス（180°パルス）や高いフリップ角のgradient echo法では、撮像シーケンスの制限を受けやすくなる^{1), 2)}。⑤RF波の浸透力（RF penetration）は、RF周波数、対象の大きさ、比伝導率に依存するため、3T MR装置では体幹部撮像における撮像断面の中心部で信号低下を来し、1.5T MR装置に比してRF磁場（B1）不均一も大きくなり、特に高周波数のRF波は対象物中での透過、吸収、反射、共振が起こることによって縦磁化回復の差異が生じB1不均一となり、部位による信号ムラが出現する。

したがって、3T MR装置においては、1.5T MR装置に比してさまざまな制限がある上に、肺における低いプロトン密度や磁場の不均一性とそれに伴う短いT2*値により、3T MR装置による肺MRIは、1.5T MR装置による肺MRIに比してさらに制限が増え、従来の肺MRIおよび肺機能MRIに関しては、原則的には劣るとも勝らずと言わざるを得ないと考えられる。

2010年までの3T以上の高磁場MRIの臨床応用報告

2010年以前の3T以上の高磁場MRIを用いた肺MRIおよび肺機能MRIの報告は主として、①造影核磁気共鳴血管像（contrast-enhanced MR angiography：CE-MRA）、②肺結節検出における非造影MRI、③全身MRIによる肺が