

Ⅲ 各領域における最新MRI技術の臨床応用

4. 肺MRIの最前線

小澤 良之*¹ / 永田 紘之*² / 植田 高弘*¹ / 野村 昌彦*¹
吉川 武*^{1, 3} / 竹中 大祐*¹ / 大野 良治*^{1, 2}*¹ 藤田医科大学医学部放射線診断学 *² 藤田医科大学医学部先端画像診断共同研究講座*³ 兵庫県立がんセンター放射線診断・IVR科

核磁気共鳴画像 (magnetic resonance imaging: MRI) は高い組織分解能を有し、胸部におけるその潜在的な臨床的有用性は臨床導入当初から示唆されていたが、1990年代初頭のMR撮像技術レベルでは、肺野末梢構造などを当時のコンピュータ断層撮影 (computed tomography: CT) と同様に描出することができなかった。そのため、1991年にThe Fleischner Societyの当時の主要メンバーによって構成された北米放射線学会のRadiologic Diagnostic Oncology Group (RDOG) は、*Radiology* に胸部MRIの肺がん診療における有用性が限定されたものであることを示唆し¹⁾、それ以降、長く胸部疾患への臨床応用は限定された施設や臨床目的に対してのみ行われてきた。

その後、30年以上にわたるさまざまなMRI装置、MRIの撮像技術や造影剤の使用などの進歩により、2020年に現在のThe Fleischner Societyの主要メンバーにより呼吸器領域のMRIの臨床的価値は再定義され^{2)~6)}、積極的な臨床応用が進められている。したがって、2020年代の放射線診断専門医、診療放射線技師および放射線治療専門医などを含めた呼吸器診療に携わる医療従事者にとって、胸部MRIは、胸部CTや核医学検査などと同様に必須の検査法となっている。併せて、さまざまな肺機能イメージング法としての肺機能MRI (pulmonary functional MRI) 法の開発が1996年以降で行われており、核医学に代わるその臨床的有用性に関しても徐々に確立されつつある^{7)~9)}。

本稿においては、肺MRIの最新技術と

それらによる臨床evidenceに関して述べる。

Compressed sensing と deep learning reconstruction による 薄層MRIの臨床応用

compressed sensing (CS) は parallel imaging (PI) と異なる新たな高速撮像法であり、2007年にLustigらによって提唱され、2019年以降、体幹部領域で積極的に臨床応用が試みられている。一般にCSはPIと同様にk空間データのアンダーサンプリングを利用した高速化手法の一つである^{10)~17)}。CSでは適当なアンダーサンプリング法と再構成法を使えば、ごく少数のk空間データからMR画像を復元することができるとされている。CSを実現するためには、①スパース性の確保、②インコヒーレンス性の確保と、③適切な再構成法の構築という3つの基本条件を満たす必要がある、これらの3条件がCS再構成画像の画質を決めている。また、CSはPIと組み合わせて使うことも可能であり、いずれか一方を使う場合よりも、相乗的に圧縮率を上げることができる場合もある。しかし、CSはPIに比してさらなる撮像時間の短縮や撮像スライス数の増加を図ることが可能であるが、単独での使用ではPIに比してsignal-to-noise ratio (SNR) が低下することも知られている^{12)~16)}。この問題を解決するには、同時期に臨床応用が進められている deep learning

reconstruction (DLR) との併用が推奨されている^{12), 14)~21)}。DLRは深層学習を利用し、複素イメージベースでノイズ除去を行う新技術であり、低SNRの入力画像を高SNRの画像に再構成するように畳み込みニューラルネットワーク (convolutional neural network: CNN) を構築し、ノイズの少ない画像を得ることができる。一般的なフィルタ処理を用いたノイズ除去の場合は、サブトラクション処理後の画像にはノイズだけでなく解剖学的構造の辺縁や信号の変化した部分が残存するが、DLRではノイズだけを分離でき、実質の信号値やコントラストを担保できるため、CSとの併用により、撮像時間の短縮と画質改善を同時に行うことが可能である。

CSとDLRの併用により、薄層CTと同様の1mmスライス厚のshort inversion time (TI) inversion recovery (STIR) 法や造影Quick 3D法でMR画像を取得し読影することにより、T因子診断能が向上することも示唆されている¹⁶⁾ (図1)。以前より、MRIのCTやPET/CTに対する有用性は明らかになっており、N因子診断を中心に臨床応用が推奨されている^{22)~25)}。今後はT因子診断においても造影薄層CTと同等以上の診断能を有していることから、肺がん診療におけるMRIの臨床的有用性はゆるぎないものになりつつある。