

## 8. 高性能低磁場MRI研究の最新動向

市場 義人 シーメンスヘルスケア(株)ダイアグノスティックイメージング事業本部MR事業部

MRI装置は1980年初期より臨床機として運用が開始された。当時の一般的な静磁場強度は0.35~0.6Tであったが、1980年代後半には1.5T装置が開発されるようになり、1990年代には、MRI臨床機の主流は1.5T装置が占めるようになった。2000年以降は、高磁場化によるSNR向上の追究を原動力に、3T MRI装置が浸透し始め、現在の臨床用MRI装置の主力は1.5T装置と3T装置で、多くの施設に導入されている。このように、MRI装置の高磁場化の発展は著しく、1.5Tのような現在の主力装置と1T未満の低磁場装置の有効性を比較する大規模臨床試験はほとんど行われないうまにある。数少ない報告の中で、1990年代中頃にこの磁場強度の違いによる診断への影響を検討した論文があり、頭部および骨軟部領域において1.5T装置と低磁場装置の間には診断の感度、および特異度に有意差はないことが示されている<sup>1)</sup>。また、多発性硬化症が疑われる患者を対象とした大規模臨床試験の結果も0.5Tと1.5Tでの感度、特異度に差は見られなかったと

報告されている<sup>2)</sup>。

静磁場強度に比例してSNRが上昇するという高磁場装置の物理的なメリットはあるが、高磁場化に伴ってT1値の延長、動きのアーチファクトの増大やSAR、安全性という面を考慮する必要があることも事実である。一方で、長年にわたる傾斜磁場性能や受信コイルの性能を含めたハードウェアの進歩と、パラレルイメージング<sup>3), 4)</sup>、compressed sensing<sup>5)</sup>やディープラーニング<sup>6)</sup>といった再構成技術の進歩により、低磁場装置においても現実的な撮像時間の範囲内で十分なSNRが得られる可能性が出てきており、安全性やコストの点からここ数年で低磁場装置の研究開発が急速に広がっている。臨床知見として、低磁場の物理的特徴である金属アーチファクトの低減を生かした、人工関節などの金属インプラント保持者に対するMRI検査の有用性(図1)や動態観察用リアルタイムイメージング<sup>8)</sup>がすでに報告されている。本稿では、低磁場の物理特性を生かした研究動向を紹介する。

### 低磁場MRIの撮像技術の開発

T1値、T2値、T2\*値といった緩和時間は、静磁場強度に応じて変化することが知られている。Campbell-Washburnらの研究<sup>9)</sup>では、0.55TにおけるT1値は、1.5Tのそれと比較して1/3程度に短縮すると報告されており、臨床でよく使用されるspin echo法(以下、SE法)またはturbo spin echo法のT1強調画像において、コントラストや撮像時間の点で有利となる。また、T2値やT2\*値に関しては、それぞれ1.25倍、1.5倍に延長し、エコープラナーイメージング(以下、EPI)やスパイラルイメージングにおいて有利となる。さらに、肺に関しては、T2\*値が3倍以上に延長すると報告されており、撮像技術とともに低磁場での新たな可能性として研究されている。

T2\*値延長のおかげで信号サンプリング効率を改善することができるスパイラルイメージングでは、balanced steady state free precession法(以下、bSSFP法)およびSE法において、Cartesian法に比べてSNRを約2倍高くすることが可能である<sup>9)</sup>。つまり、高いSNRの実現は、高磁場化によるアプローチだけでなく、物理特性を考慮したサンプリング方法の選択によっても考えることができる。

National Institutes of Healthの傘下であるNational Heart, Lung, and Blood Institute (NHLBI)の研究グルー