

9. 7T MRIの現状と将来展望

黄田 育宏
川口 浩和

情報通信研究機構脳情報通信融合研究センター

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リサーチ&コラボレーション部

7Tを超える超高磁場MRI装置の導入が開始されてから、ほぼ20年が経過する。現在では、全世界で70台以上の7T MRI装置が稼働している。本邦においては、2003年に新潟大学に設置されて以降、岩手医科大学、脳情報通信融合研究センター(CiNet：情報通信研究機構と大阪大学の共同利用)、生理学研究所、京都大学に導入されている。われわれCiNetは2013年、7T MRI装置を導入し、ヒトの脳機能の研究に用いている。2017年に、一部のヒト用7T MRI装置が、欧州のCEマークとアメリカ食品医薬品局(Food and Drug Administration：FDA)の認証を取得したことから、7T MRI装置の活用は今後さらに広がっていくと考えられる。本稿では、その現状について解説したい。

7T MRI装置に関する規制の変化

2017年、一部のヒト用7T MRI装置が初めてCEマークとFDAの認証を取得したことが発表された¹⁾。FDAの認証は66ポンド(約30kg)以上の体重を有する患者に対してのみ適用可能という条件付きではあるが、欧州と米国では医用目的として使用可能な静磁場強度の上限が3Tから7Tへと引き上げられることとなった。日本における7T MRI装置の立ち位置は従来と変わらず薬機法未承認品であるが、2015年に国際電気標準会議(以下、IEC)が、8TまでのMRIに対してヒトへの適用を認めたことによ

り、日本工業規格(以下、JIS)もIECに追随する形で、2017年に7T MRI装置の扱いを改正した。改正前は、3Tより大きく4T以下の静磁場を有するMRI装置は第一次水準管理操作モード、4Tを超えた静磁場を有するMRI装置はすべて第二次水準管理操作モードにて動作するとみなされていた。2017年の改正後には、8T以下の静磁場までが第一次水準管理操作モードでの動作として扱われることになった。ただし、3T MRI装置と比べると、7T MRI装置では比吸収率(以下、SAR)が大幅に上昇するだけでなく、撮像音や吸引力も増加するため、安全面では今まで以上に注意する必要がある。7T MRI装置の安全運用に関してはJISだけでなく、日本磁気共鳴医学会からも詳しく解説された資料がホームページで配布されているのでそちらを参照されたい²⁾。ちなみにFDAでは、計算モデル、シミュレーション、そして、厳密な実験的検証を踏まえた上で、7T MRI装置の安全性を評価し、認証していることも付記しておく。

7T MRI装置の運用上の課題とその解決策

高磁場MRIが期待される理由の一つは、信号対雑音比(以下、SNR)の向上である。SNRは、静磁場強度にほぼ比例して増加することが知られており、3Tに比して2倍以上のSNRが実現されることで高解像度の画像取得が可能とな

り、撮像時間の短縮にもつながる。一方で、SARの上昇、静磁場(B0)や送信パルス(B1+)の不均一増強といった制限が生じる。つまり、現行の1.5Tや3Tで実施されている臨床検査をすべてそのまま7T MRI装置で実施できるというわけではない点に注意されたい。特に注意を要するのは、撮像に際してのRFパルスによる生体の発熱防止である。SARの大きさは、静磁場強度の二乗に比例して増加することが知られているが、IECやJISにおいては静磁場強度にかかわらず、SARの上限は一定に設定されている。そのため、3Tで実施されている臨床検査と同様の条件で7T撮像を試みた場合、SARの制限により撮像できない可能性がある。SARの制限にかからぬようにするためにはいくつか方法があるが、繰り返し時間を延長することによる撮像時間の増加、フリップ角を減少することによる画像コントラストの低下、スライス枚数を減らすことにより撮像範囲が狭まるといった制限も考慮する必要がある。

また、7T MRIにおける波長は生体内で短くなり(約11cm)、軀幹部はもとより頭部においても誘電効果により、B1+の強度分布が体内で不均一となる。B1+不均一は大きなフリップ角のRFパルスを使用するほど顕著になるため、180° RFパルスを使用するスピニング系(以下、SE)系、特に再収束パルスを多用するturbo SE系の撮像は制限が厳しくなる。また、フリップ角の二乗でSAR