

4. 7T MRI装置： 臨床に向けた現状と課題

— 7T MRI装置の現状と将来展望

岡田 知久 京都大学大学院医学研究科放射線医学講座
栗林 秀人 シーメンス・ジャパン(株) イメージング&セラピー事業本部

超高磁場(7T以上)のヒト用MRI設置は、1990年代後半になり導入が開始された。以降、これまでに継続的に増加し、世界にはすでに70台程度の7T MRI装置が稼働している。ヒトに対するMRIの使用は、日本では「医薬品、医療機器等の品質、有効性及び安全性の確保等に関する法律」により、診療で使用可能な静磁場強度は3Tまでであるが、米国食品医薬品局(FDA)の安全基準では1歳児以上では7T、1歳児未満では4Tまでが利用可能とされている。増加傾向の中、2014年に突然アジレントテクノロジー社が7Tマグネットの製造中止を表明、今後の発展が見通せなくなっていた。しかし、2015年の国際磁気共鳴医学会(ISMRM)では、シーメンス社

が新たな7Tマグネットを発表し、アクティブシールド化、液体ヘリウムのゼロボイルオフ化、軽量化に成功している。ヒト用7T MRI装置は、日本でも新潟大学、岩手医科大学、大阪大学、生理学研究所に設置されており、京都大学でもこの7月より新たに5台目として稼働を開始した。

超高磁場に移行することに伴う物理的性質の変化により、①高い信号対雑音比(以下、SNR)を活用した高解像度化、②組織の緩和時間変化を活用したコントラスト増加、③化学シフトに対する感度増加が期待されている。しかし、それは同時に新たな課題を伴っており、④安全上の注意点、⑤静磁場(以下、B0)・送信RF(以下、B1+)の不均一増強、といった課題がある。7T MRI装置の高い性能は、脳研究、なかでも“Human Connectome Project”において中核を成す技術である(図1)が、本稿では、⑥臨床応用の例として、中枢神経系や脳幹部での報告をご紹介します。

CA1-4・DGでの神経細胞消失でタイプを分ける¹⁾が、それを反映するような画像所見も発表されつつあり、診療での活用が期待されている。さらに、腫瘍などにおいても内部の詳細な構造が描出されており、今後の活用が期待される。

組織緩和時間の変化を 活用したコントラスト増加

この変化は、用途によりメリットにもデメリットにもなりうるものだが、有効に活用できることが多い。緩和定数は7Tと3Tとで比較すると、T1値は灰白質で約90%、血液(80% O₂)で約60%延長する。これに対してT2値はそれぞれ約38%、約22%短縮する²⁾。血液のT1値延長は、MRアンギオグラフィ(以下、MRA)はもちろんarterial spin labeling (ASL)でもpost-labeling delay timeの延長が可能となり、非常に有用である。また、背景組織の信号回復が遅れて造影剤の信号増強効果が増加すると考えられ、病変検出率の向上とともに、ガドリニウム造影剤の低用量化が期待できる。

T2値の短縮も画像コントラストの増加に寄与する。さらに、磁化率効果増加は、細い静脈の描出だけではなく、脳機能画像(fMRI)でのBOLDコントラストの増加や脳酸素摂取率(OEF)の計測にも役立つ。ただし、後述するように、B0・B1+の不均一による空気・組織界面での信号低下のアーチファクトは、より大きく問題となる。

高いSNRを活用した 高解像度化

緩和時間や、比吸収率(specific absorption rate : SAR)による制限はあるが、SNRは磁場強度にほぼ比例して増加するとされている。7T MRI装置では、この利点をより高い空間的・時間的分解能に活用できる。すでに高精細のT2強調画像や、大脳皮質層構造など精細な解剖構造の描出が報告されている。海馬硬化症ではILAE(International League Against Epilepsy)分類で

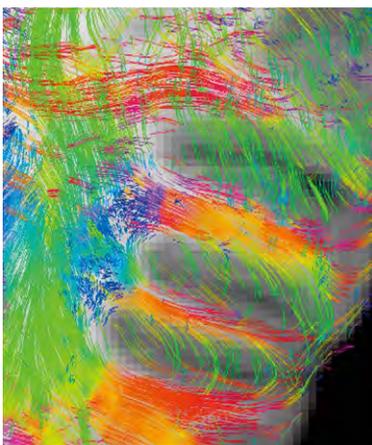


図1 左後頭葉のトラクトグラフィ
等方性0.08mm撮像により、皮質下白質から皮質内の神経線維描出までもが可能となっている。
(画像ご提供：ドイツ・ライプチヒMax-Planck-Institute)