

II MRIの最新技術と未来展望—基礎編

5. 前臨床MRIの現在と未来

青木伊知男

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構・量子生命科学領域/
量子医学医療部門放射線医学総合研究所・分子イメージング診断治療研究部・機能分子計測グループ

小動物を計測対象とするMRIは、前臨床MRI (preclinical MRI) あるいは小動物用MRI、動物実験用MRIと呼ばれる。かつての装置開発においては、臨床装置のプロトタイプとしての役割もあったが、現在では、臨床用MRIとは異なった役割を持ち、小動物を対象とした研究開発に最適化された装置として独自の進歩を続けている。前臨床MRIの役割は多岐にわたるが、①生物医学研究としては、投薬を伴う実験や組織像との比較など、ヒトでは実施できない実験、あるいは疾患モデルと臨床像との比較によるメカニズム解明、②創薬としては、開発中薬剤の*in vivo*での治療効果の評価や最適化、あるいは毒性の評価、③新規の造影剤や撮像法の開発など、多方面に使用されている。最近では特に、基礎研究の成果を臨床に届ける「トランスレーショナル(以下、TR)研究」を目標に掲げるラボが増加し、加えて「リバース・トランスレーショナル(以下、RTR)研究」という、臨床での知見や課題を前臨床研究によって解明する方向性も提起される中で、MRIは臨床と基礎が連携する研究分野においてきわめて有用な方法論であると言える。

MRIは、その開発から現在に至るまで持続的な革新を文字どおり継続し、2018年の時点で、関連する研究論文は全世界で年間4万報を超える、きわめて活発な「研究開発分野」である。最近、欧米だけでなく中国でも、2017年以降の3年間で20台が新規に設置されるなど、前臨床MRI装置の導入が急激に伸びており(日本の10倍)、

それはすなわち、生物医学研究と創薬へのMRIの利用が盛んになっていることを示唆する。わが国においても、臨床と基礎のMRI研究者が相互に乗り入れ、MRIの優れたポテンシャルを臨床業務だけでなく、医学研究においても活用することが望ましいと考える。本稿では、前臨床MRIの現状を紹介しつつ、MRI医学という「研究開発分野」をわが国において発展させるために必要な将来への展望を述べたい。

前臨床MRIの現在

1. 前臨床MRI装置

前臨床MRI装置は、超伝導マグネットを使用した高磁場装置として4.7~15.2T装置が、カタログ上にある既製品として販売されている。臨床装置と比較すると設定の自由度が高く、カスタマイズやシーケンスなどの新規開発が容易である一方、例えば、受信コイルや傾斜磁場装置などの性能にバラツキがあり、自ら品質管理を行う必要性が生じる場合もある。

信号雑音比(以下、SNR)は、静磁場強度に対してほぼ比例して向上することは臨床装置と同様であり、高磁場装置ほど高い空間分解能か短い撮像時間を選択できる。とりわけblood oxigenation level-dependent (BOLD)法による脳機能MRIの撮像においては、高磁場ほど磁化率効果が強く生じるため、検出力が大きく向上する。一方、磁場強

度が高いと導入コストが増大するだけでなく、空気との境界面で生じやすい磁化率アーチファクトによる信号欠損やRF不均一などデメリットも生じる。コストを度外視すれば、小動物の脳を研究対象とする場合は9.4~11.7T程度が最適で、腫瘍など体幹部を対象にする場合は1~7Tが利用しやすいと思われる。最近の傾向として、3Tで液体ヘリウムを使用しない(あるいは少量使用の)小型装置が新たに開発され、利用が増加傾向にある。臨床用と同じ磁場強度であるためコントラストが類似し、維持費も低価格で、さらにPETやCTなどのモジュールを組み込むことも可能であり、前臨床研究の広いニーズに対応できる。

感度の向上は、磁場強度だけでなく、受信コイルの性能にも大きく依存する。計測対象に最も適合する受信コイルを使用することが基本であり、新たな対象を計測する場合は、必要に応じて受信コイルをそろえる必要がある。筆者らは、マーモセット、メダカ、受精卵、脊髄など、計測対象に応じて受信コイルの製作を行う企業と開発を行っており、国内では高島製作所社(東京都日野市)、海外ではRAPID Biomedical社(ドイツ)などが特注に対応できる。また、より性能を向上させるためには、多チャンネル受信によるフェイズドアレイコイル、あるいは冷却により熱ノイズを低減するクライオコイルなどがあり、それらの選択が実験結果に大きな影響を与える場合もある。とりわけ、安静時脳機能