

## 5. 非造影 multi-contrast blood imaging 研究の最新動向

立川 圭彦 唐津赤十字病院放射線技術課

ガドリニウム系造影剤を用いる造影MRAは、血管の解剖学的および病理学的評価において、従来のアンギオグラフィに代わる確立されたアプローチである<sup>1), 2)</sup>が、技術的な課題として造影剤を急速注入してファーストパスをとらえる acquisition window が限られており、設定可能な空間分解能に影響を与えている<sup>3), 4)</sup>。さらに、ガドリニウム系造影剤の投与は、アレルギー反応や腎性全身性線維症などの既知のリスク<sup>5)~7)</sup>と、脳内ガドリニウム蓄積に関する未知のリスク<sup>8)~10)</sup>があるため、安全性の懸念から新しい非造影MRA技術の開発が急速に進んできている<sup>11)</sup>。

本稿では、近年、注目度の高い非造影MRA技術や、それを応用したblack blood imaging技術の紹介、さらには、海外では主流になりつつある非造影MRAとblack blood imagingを組み合わせたmulti-contrast blood imagingの研究の最新動向について解説する。

### 血液の流れに依存しない非造影MRA技術

非造影MRA技術は大きく分けると、血液の流れに依存する技術(time of flight法やphase contrast法などの流れの特性により組織のコントラストを生成する技術)と、血液の流れに依存しない技術がある。前者は変動する流量や方向、面内飽和、不適切な速度エンコーディングによるエイリアシング、心電図同期を用いたサブトラクション法での

bulk motionによるミスレジストレーションなどが原因で画質が低下してしまう<sup>11)</sup>。一方、後者は緩和時間や化学シフトなどの組織固有のパラメータを利用して、背景組織の信号を抑制し、比較的安定した血液-組織コントラストを生成することができる<sup>12)</sup>。流れに依存しない技術の一つであるbalanced steady-state free precession(以下、bSSFP)法は、良好なSNRと高い血液-組織コントラストのため注目されてきたが、オフレンジランスと磁場の不均一性の影響を非常に受けやすく、特に広いFOVや高磁場では、バンディングアーチファクトや不十分な脂肪抑制、信号損失により画質が低下することがしばしばある<sup>13)~15)</sup>。

近年、流れに依存しない新しい非造影MRA技術として、relaxation-enhanced angiography without contrast and triggering(以下、REACT)が開発され、磁場の不均一性や組織の磁化率の違いなどに起因するアーチファクトや信号損失、脂肪抑制不良を大幅に改善することが報告されている<sup>16)</sup>。REACTは、T2 preparation(以下、T2-prep)パルスと非選択的なinversion recovery(以下、IR)パルスからなるプレパレーションパルスおよび3D dual gradient-echo Dixon(mDIXON XD TFE)のリードアウトで構成されている。T2-prepは、筋肉などのT2緩和時間の短い組織からの信号を低減するとともに、酸素飽和度の違いによるT2緩和時間の違いを利用して静脈信号を低減し、動脈優位像に

している。続いてのIRパルスからの短いinversion time(以下、TI)で、神経や内臓などのT1およびT2緩和時間が短~中程度の組織からの信号を低減し、緩和時間の違いに基づいて良好な血液-組織コントラストを得ることが可能となる(図1③)。さらには、2ポイントセミフレキシブルTE、3D B0 correctionによる磁場歪みの事前解析情報、マルチピーク脂肪モデル再構成を用いた3D mDIXON XD TFEにより、広いFOVや高磁場でも均一な脂肪抑制を可能にしている<sup>17)</sup>。これにより、REACTは急性期脳梗塞における頸部~大動脈弓部の血管評価や腎動脈狭窄の評価、四肢の血管奇形の評価など、幅広い部位で臨床応用が行われている<sup>17)~19)</sup>。また、動脈だけでなく静脈も描出されるため、深部静脈血栓症(DVT)などの静脈病変の検出や、末期腎不全患者の透析開始前の中心静脈や上腕静脈の評価などの有用性も報告されている<sup>17), 20)</sup>。さらに、REACTは通常、自由呼吸下で撮像されるが、ベローズを用いる呼吸同期を併用したREACT<sup>21)</sup>や、ナビゲータや心電図同期を併用したREACT<sup>22)~24)</sup>が報告されている。これにより、胸部、腹部、骨盤領域での呼吸や拍動によるアーチファクトを低減させ、大動脈だけでなく、肝動脈や腸間膜動脈、肋間動脈などの全身の細い血管の描出が、小児の患者においても可能になる<sup>21)</sup>。先天性心疾患(以下、CHD)の患者群を対象にした研究では、REACTはbSSFPや