485. Magnetization Transfer Contrast プリサチュレーションパルス特性の理論的検討

A Theoretical Study on the Magnetization Transfer Contrast Presaturation Pulse

飯島 直人、清水 公治、酒井 滝人、石川 亮宏
(Naoto Iijima) (Koji Shimizu) (Takihito Sakai) (Akihiro Ishikawa)
(島津製作所 医用技術部)

中嶋 修生 (長岡技術科学大学)
(Michio Nakajima)

【目的】 近年MRA画像のコントラストを改善する手法として Magnetization Transfer (MTC) と呼ばれる手法が注目を集めている。この手法には運動の制約されたいわゆる *restricted proton* の磁化のみを選択的に飽和させる技術が必要である。今回このためのパルス特性を理論的に計算し至適パルス設計のための知見を得ることを目的として検討を加えた。

【方法】 対象とする系としては図1のように *free proton* と *restricted proton* の両者がある特性時間 τ で結合しているモデルを考える。この系に対する交差緩和を考慮したブロッホ方程式を仮定し[1]、これを数値計算により積分することでパルスの周波数特性および振幅特性を計算した。交差緩和が存在しない場合は2成分に対して独立に通常のブロッホ方程式が成り立ち、*free proton* の運動は *restricted proton* の挙動に影響されない。また交差緩和が存在する場合には *restricted proton* の励起により *free proton* の運動が変調され、励起特性が変化する。運動が制約された *restricted proton* の場合には横緩和時間 T_2 が短くなることが知られているため、まずはじめに *restricted proton* の運動状態を把握する目的で、交差緩和が存在しない場合についてパルスの時間幅に対して T_2 が十分長い場合と T_2 が短くなった場合との特性を比較した。さらに交差緩和を考慮した場合について *restricted proton* の励起特性により *free proton* の励起特性がどのように変化するかを検討した。

図1 対象とする系の模式図

【結果】 交差緩和を考慮しない解析の場合、*restricted proton* に対する特性は *free proton* のそれと大きく異なり、周波数特性の裾がはっきりしないなどかなものであった。この現象はRFパルスのエンベロープの形の詳細にあまり依存せず、 T_2 による共鳴線幅の拡がり支配的な因子となっていると思われた。またプリサチュレーションパルスとしての縦磁化の消去能力は T_2 が短くなるにしたがって低下し、*restricted proton* の縦磁化を消去するためにはより強いRFパルスが必要とした。さらに交差緩和を考慮した計算を行うことにより、励起パルスの強度を増加させるにしたがって *free proton* の信号強度が低下する現象が見られ、いわゆるMTCによる信号強度の変化が確認された。この現象は交差緩和を考慮しない計算では見られず、強いRFパルスにより飽和した *restricted proton* の縦磁化が交差緩和により *free proton* に移行したためであると考えられた。RFパルスの強度を強くするに従い信号強度の低下の現象はより顕著に見られた。また、交差緩和のパラメータおよび T_1 、 T_2 を適当に選ぶことにより、RFパルスの強度を増加させたときの信号強度の変化のパターンはPVAゲルファントムに対する実測値と定性的に一致させることができたが、未知のフィッティングパラメータが多いためこれ以上の定量的な解析は難しいと考えられた。

【結論】 (1) ブロッホ方程式を用いた励起特性の計算では、*restricted proton* に関する励起特性と *free proton* に関する特性は大きく異なっていた。(2) T_2 の短い *restricted proton* の縦磁化を飽和させるためにはより強いRFパルス強度を必要とした。(3) 交差緩和を考慮したブロッホ方程式を用いた計算により、MTCによる信号強度の変化を定性的に説明できた。

【文献】 [1] S. D. Wolff and R. S. Balaban: Magn. Reson. Med., 10, 135-144(1989)
J. Grad and R. G. Bryant: J. Magn. Reson., 90, 1-8(1990)
X. Wu: J. Magn. Reson., 94, 186-190(1991)