

1. MRIの技術革新が広げる循環器画像診断の可能性

2) 大血管の4D flow MRI

櫻井 康雄*¹ / 竹原 康雄*² / 水野 崇*¹
阿部 真治*¹ / 長縄 慎二*²

*¹ 名古屋大学医学部附属病院放射線部 *² 名古屋大学医学部附属病院放射線科

MRIは、周辺技術の進歩により高画質、高速化が進められ、画像診断において重要な位置を占めている。MRによる生体内情報として、各組織のプロトンの密度、T1緩和、T2緩和、磁化率、拡散、血流、体液の流れ、灌流情報などの画像化、代謝情報が得られるが、その中で、血流や体液の流速を計測する試みは、位相コントラスト法を用いて古くから行われてきた。

本稿では、血管領域に関する機能画像として、研究段階ではあるが、三次元の空間に時間軸情報を加えた三次元シネ位相コントラスト (phase contrast: PC) 法である「4D flow MRI」について、主として大血管における現状を紹介する。

4D flow MRI

4D flow MRIは、2D-PC MRIを三次元化し、心電同期もしくは脈波同期により、心周期それぞれ複数の時相の画像を得る撮像法、3D-cine PCである¹⁾。2D-PC MRIの撮像は古くから存在し、脳血管、脳脊髄液 (cerebrospinal fluid: CSF)、大血管などを対象に幅広く研究されてきた。PC法は、傾斜磁場内における血流の位相シフトを利用する手法であり、血流方向および流速を反映した画像が得られる。流れの情報を得るためには、双極傾斜磁場を使用する (図1)。PC法では、前もって流速を推定して対象血管の最高流速を含むように速度エンコーディング (velocity encoding: VENC) を決める必要がある。

各軸に対して正負一対の双極磁場傾

斜をそれぞれ印加し、正負2つのデータ間でサブトラクション処理を行うことにより、3方向 (x, y, z) の流れの情報を得られる。しかし、基本的に1軸の流れの情報を検出するのに、正負2種類のグラディエントの印加が必要であり、3軸の流れの情報をすべて得るためには、3軸にそれぞれ正負一対、すなわち、3方向×2回、計6回の撮像が必要となるため、撮像時間が非常に長くなる。prospectiveな心電図ゲートを使用している場合は、さらに撮像時間は長くなる。

現在では、4回の撮像で3方向の流れの情報を得ることができるようシーケンスが改良されている。さらに、parallel imaging, k-t acceleration法やcompressed sensing法の併用により、高速化が可能となる。当施設では、高速化の手法としてはretrospective ECG

gatingとparallel imagingのみが併用でき、k空間の高周波領域を省くなどし撮像時間の短縮を試み、臨床導入しているのが現状である。

体幹部領域では、呼吸性アーチファクトを抑制するため、呼吸同期および呼吸による動きの影響が少なくなるように、サンプリングデータをk空間に充填する手法も研究されている。

大血管の4D flow MRIの撮像

当施設では、脳血管、胸部大動脈、腹部脈管の4D flow MRIを主に行っている。

大血管の4D flow MRIの撮像は、3D-MRA、2D-PCによる流速の予測 (VENCの決定)、4D flow MRIの撮像

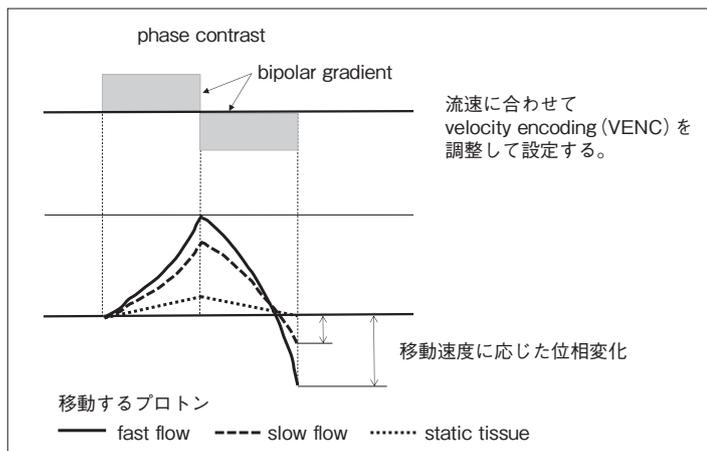


図1 PC法の原理

双極傾斜磁場により移動速度に応じた位相変化が生じ、流速の違いによる信号が計測でき、強度画像と位相画像が得られる。ただし、流速に合わせた正負一対の双極磁場傾斜を印加する必要がある。