

1. MRIの技術革新が広げる循環器画像診断の可能性

7) 最新アプリケーションを用いた4D flow MRIの実際

佐野ひろみ 華岡青洲記念病院放射線部

華岡青洲記念病院は、2019年12月に循環器専門クリニックから37床を有する病院へと改称し、それに伴いフィリップス社製3.0T MRI [Ingenia Elition S]を導入した。2020年9月からオランダのPie Medical Imaging社製“Caas (Cardiovascular angiographic analysis systems) MR 4D Flow”解析ソフトウェア（フォトロンM&Eソリューションズ社販売）を導入し、大血管のMRIを用いた4D flow解析画像（以下、4D flow MRI）の運用を開始した。2021年2月現在までに、胸腹部大動脈瘤をはじめ、大動脈解離を中心に約20件の症例解析を実施している。本稿では、当院で行っている大血管におけるCaas MR 4D Flow解析ソフトウェアを活用した症例を示すとともに、ユーザー目線からの使用経験を中心に述べる。

当院における 4D flow MRIの撮像

4D flow MRIの撮像は、32チャンネル体幹部トルソコイルを使用し、心電および呼吸同期下撮像で行っている。撮像の流れとしては、はじめに、2D turbo field echo (TFE) でトランスバース、コロナル、サジタル3方向で形態画像を取得し、解剖学的評価を行う。その後、任意の血管に対してvelocity encoding（以下、VENC）設定のために2D cine phase contrast angiography (PCA) によるquantitative flow (Q-Flow) 測定を実施した後、最後に4D flow MRIの撮像を行う。セッティングも含めて胸

部血管のみならば30分枠で収めている。そして、撮像終了後に3方向（RL, AP, FH）の位相画像を再構成する。再構成時間は約5分である。現在、4D flow MRI撮像の高速化手法として“SENSE”（P reduction 2, S reduction 1）で行っているが、今後はcompressed sensingとSENSEを組み合わせた“Compressed SENSE（以下、CS）”での撮像に移行するために、倍速率の最適化と解析データの検証を行っているところである。

4D flow MRIの視覚的評価では、CS併用データでWall Shear Stress（壁剪断応力：WSS）、Streamlines（流線図）について、SENSEと同程度の画像を得ることができた。現在の位相数は14フェーズだが、CSを用いることで位相数を増やすことができ、より詳細な血流解析が可能となる。また、大動脈解離など速い血流と遅い血流が混在している場合には、2種類のVENCで撮像する必要がある。dual VENC設定が不可能な機種においては、現行のsingle VENCに制限されるが、CSによる高速化によって2種類のVENCでの4D flow MRIの撮像が可能となるため、流速の異なる血管の描出に対応可能となる。

症例紹介

1. 偽腔開存型大動脈解離（Stanford B型）

図1～3に大動脈解離の症例を示す。背部痛にて受診、造影CT（図1）で大動

脈解離を確認した。発症から3か月経過中であるが、内科的治療にてフォローしている。Caas MR 4D Flowで解析を行うと、偽腔の流速が真腔と同程度と考えられ（造影CT動脈相で真腔と同等の偽腔の染まり）、single VENC（204cm/s）で真腔、偽腔とも、良好なStreamlinesをとらえることができた（図2）。速度カラーマップでも収縮中期に真腔の血流がメインになり、遅れて収縮末期から拡張早期に偽腔の血流がメインとなる様子がとらえられている（図3）。

2. 弓部大動脈瘤

図4に弓部大動脈瘤の症例を示す。1年前より弓部瘤に対してフォロー中、造影CTにて動脈瘤の拡大傾向が見られ、MRIを施行となった。その後、ステントグラフト内挿術（TEVAR）を行った。Caas MR 4D Flowで解析を行うと、図4⇐に示すように、動脈瘤部分でWSSの低下と増加の混在が見られる。また、Streamlinesにて動脈瘤内に生じた渦流が確認できる。

Caas MR 4D Flow を 使用してみよう

Caas MR 4D Flowで可能な解析は、Streamlines、Pathlines（流跡線）、WSS、Vector Fields（ベクトル図）、Pressure Difference（圧較差）である。なお、WSSおよびPressure Differenceは、リサーチモード限定である。WSSの解析タイプとして、全面剪断応力、円