

1. 臨床編：先進技術の臨床応用最前線

2) 4D flow MRIによる 肺血流解析の実際

森 啓純 慶應義塾大学医学部放射線科学教室

4D flowの概要

4D flowは、3D cine phase contrast MRIのことであり、撮像範囲 (field of view: FOV) 内の血流ベクトルを時相分解してすべて収集することで、FOV内の任意の血管の血流を自由に解析することが可能な撮像法である。いったん撮像してしまえばFOV内のすべての血流ベクトルデータが手に入るため、網羅的・後方視的な血流解析が可能になる。FOV内の血流解析が可能のため、大動脈・肺動脈を一つのデータで解析可能である。また、velocity encoding (VENC)の範囲を設定して撮像することで、特に設定した範囲の流速を持つ流体の信号を正確に測定することができる。

4D flowの撮像条件

筆者が肺血流解析の研究を行っている東京女子医科大学病院では、4D flowをフィリップス社製「Ingenia 3.0T」で撮像している。4D flowの撮像条件を2D phase contrastと対比させて示す(表1)。echo planar imaging (EPI)を3D gradientに併用すること、およびSENSEによりaccelerationすることで、4D flowの撮像を4分程度で行うことを実現させている。また、血流ベクトルを収集するためのVENC設定は30cm/s, 70cm/s, 200cm/sの3パターンとし、別々に撮像を行っている。対象疾患に応じてどのVENCで撮像されたシーケン

スが適切であるかは異なり、設定したVENCよりも対象となる血流が速くても遅くても十分な信号が得られない。例えば、ファロー四徴症の解析では、順行性・逆行性血流で実用的なのは200cm/sであることが多いが、肺高血圧症の患者では健常者よりも順行性流速が遅いとされ¹⁾、より低い100cm/s前後のVENCで解析が行われているようである。

「IntelliSpace Portal」 (フィリップス社製)での 4D flow解析手順

4D flowで解析を行うため、まず、IntelliSpace Portal (ISP)では、撮像さ

れた4D flowのデータを読み込んで、3D vessel modelを作成する必要がある。解析に使用するデータに対してポイントを設定することによって、半自動的に3D vessel modelが作成される(図1 a)。ただし、半自動的に作成された3D vessel modelは実際の肺動脈形状との誤差があるため、phase contrast imageで血流信号を確認しながら手動で調整していく(図1 b)。後述する解析のうち、多くが3D vessel modelをベースに計算されるため、可能なかぎり正確に作成することが信頼性のある数値計測に必要である。

● 4D flowでの解析項目

ISPでは、撮像時に設定したフェーズ数(東京女子医科大学病院では主に

表1 2D phase contrastと4D flowの撮像条件

	2D phase contrast	4D flow
Sequence	2D FFE T1	3D gradient with echo planar imaging (EPI)
TE (ms)	2	6.2
TR (ms)	4	3.2
Flip angle (°)	10	12
Matrix	224 × 224	128 × 256
Velocity encoding (VENC) (cm/s)	200	30, 70, 200
Frame/cycle	60	14
Scan time	24s	4min
FOV (mm)	260 × 260	300 × 300, 140 (Z-axis)
Acceleration	SENSE 1, Turbo Field Echo 3	SENSE 3, EPI 3, Turbo Field Echo 4
Acquisition resolution (mm)	2.24 × 3.33 × 6.00	1.97 × 3.28 × 3.00
Reconstruction resolution (mm)	1.16 × 1.16 × 6.00	1.34 × 1.34 × 1.50
Slice thickness (mm)	6	3