

I CTのストラテジー&アウトカム

●臨床施設からの報告—心臓CTの臨床的有用性と技術進歩

2. 機能的血流予備能比CT (FFR_{CT}) の有用性

高橋 正司

県立広島病院放射線診断科

冠動脈などの狭窄病変に対して経皮的冠動脈形成術 (percutaneous coronary intervention : PCI) の適応を判断する基準の一つとして、カテーテルを用いた機能的血流予備能比 (fractional flow reserve : FFR) の計測が行われている。最近では新しい技術として、冠動脈CTAのボリュームデータを基に流体解析ソフトウェアを用いてCTA上でのFFR (以下、FFR_{CT}) を計測することが可能になった。この流体解析 (数値流体力学, computational fluid dynamics : CFD) の手法を用いることによって、カテーテル検査を施行しなくとも、CTAで指摘された狭窄部位前後での圧力変化を測定することで非侵襲的にPCIの適応を判断することができるようになった。

CFD解析実施の経緯

CFDとは、流体の運動に関する方程式をコンピュータで解くことによって流れを観察する数値解析・シミュレーション手法である。計算流体力学とも言い、主に工業、建築の現場で用いられている手法である。

ある時、循環器内科の医師より、「CTのデータでFFRの計測ができるらしいが、どういうことか」との質問があったため調べたところ、当時、JAMAに掲載された論文¹⁾によると、5か国17施設で407血管に対するFFRの診断能について検討した結果、診断の正確度は、FFR_{CT} + CTが73%、CTのみが64%で、FFR_{CT}は冠動脈疾患の識別能を有

意に改善するとのことであった。ちょうどその時期に脳外科医がCFD解析ソフトウェアを入手したと聞き、冠動脈CTに利用できるのではないかと考えたのが当院におけるFFR_{CT}の始まりであった。

この研究論文で用いられているCFD解析ソフトウェアがどのようなものかは不明だが、計算にはスーパーコンピュータが用いられているようだった。筆者が研究に利用しているCFD解析ソフトウェアは主に工業系で用いられているものであり、コンピュータも一般的なスペックのノートパソコンであったため、解析結果が臨床に応用できるかどうかは不安があったが、基礎的な実験にて精度の検証を行った。

精度検証

精度検証に当たり、まずはファントム実験を行った。Parkらによる研究²⁾では、CAD (computer assisted drawing) を用いて作成したモデルでのCFD解析は報告されているが、今回は実際に流体による実験のため、市販のABS樹脂チューブに熱を加えて、狭窄率、狭窄の長さ、singleまたはtandemといったさまざまな形状のファントムを作成した (図1)。実測値は、自作ファントム内に液体を流し、プレッシャーワイヤのプルバック操作により内圧の変化を測定した。CFD解析は、ファントム内に希釈造影剤を充填し、CT (GE社製LightSpeed VCT) でスキャンして

ボリュームデータを取得し、CFD解析ソフトウェアで解析を行った。

数種類のファントム実験の結果を、実測値と解析値それぞれをグラフにして比較検討した結果、実測FFRと解析FFR_{CT}の値は、どのファントム形状でもほぼ近似した圧力変化のグラフが得られた (図2)。この結果より、臨床応用も可能であると思われる。

臨床での解析に当たって

CTデータ、主にVR画像を用いてCFD解析を行うに当たって、いくつかの問題点がある。SCCT (Society of Cardiovascular Computed Tomography) による冠動脈 (心臓) CTの読影および報告のためのガイドラインでは、2D画像は推奨しているがVR画像は推奨せずとなっている。これは、VR画像を作成した閾値、作成者のスキルによって画像の精度が異なるからである。各種の文献を見ても、VR画像を作成する際の閾値を明確に決定した根拠を述べたものは見



図1 精度検証に用いた自作の狭窄血管ファントム