

未破裂脳動脈瘤用4D-Flow撮像シーケンスの比較検討

青森県立中央病院 放射線部 ○横山 陽子(Yokoyama Yoko)

佐藤 兼也 齊藤 哲宏 前田 紀子 山内 良一

工藤 和樹 浅利 達彦 若佐谷 拓也 相馬 岳史

【背景・目的】

脳ドックMRIの普及に伴い、非侵襲的に脳動脈瘤を発見することが可能となった。脳動脈瘤の破裂予測は、年齢や形態から判断されることが一般的であるが、その治療は後遺症を伴うリスクが存在する一方で、破裂しないまま生涯を終える場合もある。このことから治療法の選択には、根拠となる情報が多いことが望ましい。

3D-PCによるMRAは、非侵襲的に血管の形態と走行を把握することが可能である。また、2D-PCによるMRAはCineモードを併用することで、血流方向および血流速度を解析することが可能である。

当院において、未破裂脳動脈瘤を対象に撮像している4D-Flowは、2D-CinePC(以下、2D-PC)を用いて体軸方向に複数枚撮像し、擬似的に3次元化して流体解析処理を行ってきた。

今回、GE社との共同研究により、3D-CinePC(以下、4D-Flow)シーケンスを利用できるようになったことから、現行の2D-PCと4D-Flowとの比較検討を行った。

【使用機器】

MRI装置	GE社製Discovery 750w 3.0T、Optima 450w 1.5T
Workstation	ザイオソフト社製Ziostation2
流体解析ソフト	アールテック社製Flowa

【方法】

2015年12月から2016年9月までの間、本研究の同意を得られた未破裂脳動脈瘤患者23名(男性6名、女性17名、脳動脈瘤数27個、年齢38~83歳)を対象にして、脳動脈瘤を中心に、Slice Thicknessを1 mmに固定して、2D-PC・3D-TOF MRAおよび4D-Flowを撮像した。流速測定目的で、脳動脈瘤の流入血管を直交する角度の、SingleスライスCine併用2D-PCを撮像した。血管壁情報としては、2D-PCでは3D-TOF MRAを使用し、4D-Flowでは血管壁の最大拡張期Magnitude Imageを使用した。Velocity Encoding値は、流速の折り返りを考慮し、計測した最大流速値より20 cm/sec程度高い値を使用した。1心拍のPhase数は、2D-PCでの最大設定値11に固定した。撮像時間は、Slice数および心拍数にも依存するが、2D-PCでは約7~17 min(15~29 mm)、4D-Flowでは5~9 min(32 mm)となった。

各脳動脈瘤における2D-PCおよび4D-FlowのWSS(Wall Shear Stress:壁せん断応力)・OSI(Oscillatory Shear Index:振動せん断インデックス)を比較した。なお、本研究は当院倫理委員会の承認を得ている。

【結果】

血管壁情報として、位置ずれなどを考慮するとMagnitude Imageを使用するのが最適であるが、2D-PCにおいては、使用するには不適である(Fig.1)。そのため、3D-TOF MRAを使用した。

4D-FlowをControlとして、心拍数が80bpm未満の場合、2D-PCと血管壁(3D-TOF MRA)との位置ずれがなければ、両者のWSS・OSIは同等であった(Fig.2)。

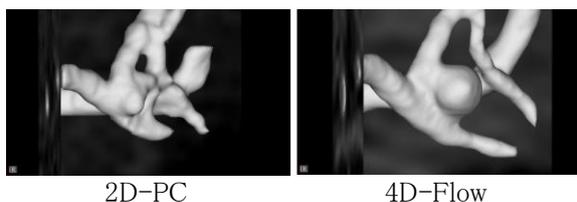


Fig.1 Magnitude Image

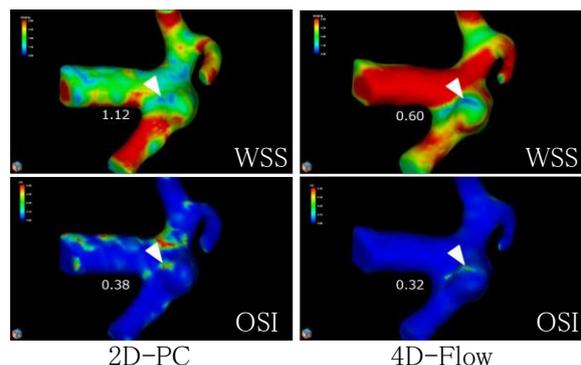


Fig.2 位置ずれなし(心拍数 80bpm 未満)

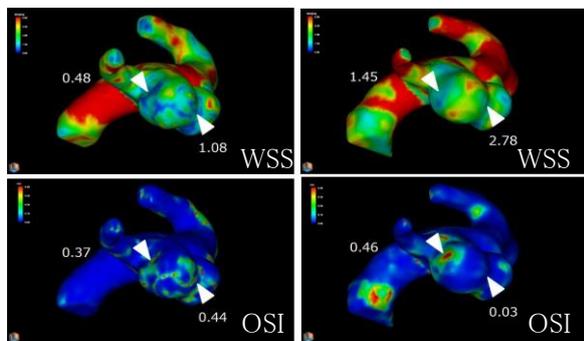


Fig.3 位置ずれなし(心拍数 80bpm 以上)

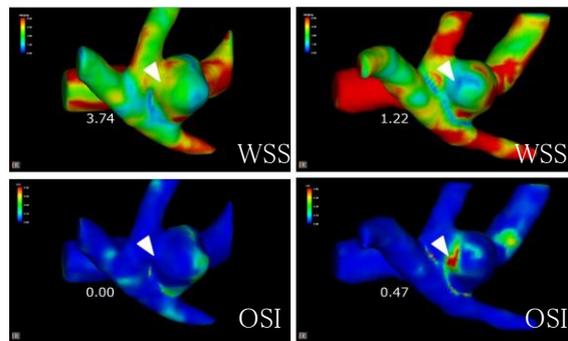


Fig.4 位置ずれあり

2D-PCにおける未破裂脳動脈瘤の流体解析結果は、位置ずれやスライス間の時空の違いにより、4D-Flowとの間に差異があることが示された (Fig.3,4)。

【考察】

2D-PCにおいて、Magnitude Imageを血管壁情報として使用することが難しく、4D-Flowと異なりスライス毎に撮像する。PCデータと3D-TOF MRAとの位置ずれがない場合、心拍数が80 bpm未満であれば2D-PCおよび4D-Flowの流体解析結果は同等である。しかし、心拍数が80 bpm以上では解析結果に差異がみられることから、位置ずれや撮像時の心拍数変動など、患者状態が流体解析の結果に大きく影響することが示唆される。このことから、PCデータと血管壁との位置ずれがなく、心拍数が解析結果に影響しない4D-Flowを用いて、未破裂脳動脈瘤の流体解析処理を行うことが望ましいと考える。また、2D-PCでの1心拍のPhase数については、MRI装置の制限により11までしか設定できないが、11を超える数値での撮像が可能となれば、心拍数変動の大きい患者において、2D-PCと4D-Flowの解析結果の差異を回避できる可能性が考えられる。

未破裂脳動脈瘤4D-Flowを用いた流体解析は、治療法を選択するのに有効な評価項目のひとつである。現在、大動脈や冠動脈などの評価にも流体解析が用いられており、今後対象範囲が拡大することが想定される。いくつか存在する流体解析方法を活用することで、診断および治療に大きく寄与できると思われる。

【参考文献・図書】

- 1) 日野幹雄：流体力学 朝倉書店
- 2) 吉澤徴：流体力学 東京大学出版会
- 3) 石田藤磨, 鈴木秀謙：脳動脈瘤発生とCFD解析 血栓と循環, 190-195, 2012