

## 手術訓練による技能研修の普及と技量の安定・高度化法の確立 未破裂脳動脈瘤の破裂危険度のリスク分析

研究分担者 八木高伸（早稲田大学），朴栄光（早稲田大学），  
高西淳夫（早稲田大学），加瀬川均（早稲田大学），村垣善浩（東京女子医科大学）

### A. 研究目的

診断機器の高度化と脳ドックの普及に伴い、未破裂かつ無症候で偶発的に発見される脳動脈瘤の数が年々増えている。2010年度には、国内で約16000件の未破裂瘤の破裂予防手術が報告されている。治療機器は日進月歩で開発されていくなかで、いつ、どの瘤に、どの機器、どの手技で治療を行うべきか、治療効果を最大化させると同時に治療リスクを最小化させることを可能とする治療支援機器の開発が必要である。脳動脈瘤の発症・増大・破裂には血流が関与していることがわかっている。しかしながら、現在の診断・治療システムのなかに瘤内の血流を考慮したものは存在しない。瘤の病変・病態と血流の関連性が指摘されながらも因果関係レベルでの解明はこれからの課題であり、血流を臨床医学的に解釈できないためである。そこで、瘤壁の病理と血流を比較する研究を開始している。本年度は手始めとして、破裂危険度を増加させると考えられる瘤壁上に局在して存在する血豆様の菲薄部と血流の相関の有無を明らかにすることを検討した。

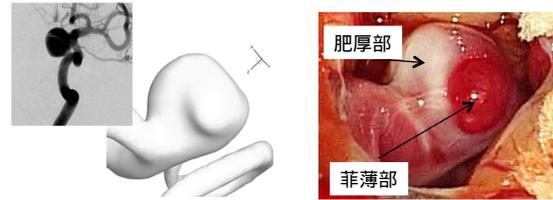
### B. 研究方法

未破裂脳動脈瘤のうち、菲薄化が顕著に観察された脳動脈瘤21症例を対象として（図1）、術中観察の結果と血流を比較した。計算科学による数値流体解析（CFD）を駆使して血流を3次元的に可視化し、瘤壁の場所の違いに応じた流れの特徴を1）壁面せん断応力の大小、2）壁面せん断応力の向き、3）壁圧分布、から特徴付けた。

### C. 結果・考察

壁面せん断応力の大小は血管の生理機能と関連していることが示されており、菲薄化と関連するであろう有用なパラメータの一つと考えられたが、これまでのところ両者の関連性は見られていない。一方、従来から指摘してきた流れの衝突と瘤壁の菲薄化が顕著に相関しているという知見を取得した。流れの衝突を特徴付けるなかで、せん断応力の向き、壁圧の上昇を利用するに至った経緯がある。図2にその結果をまとめる。21症例27個の菲薄部のうち、85%で衝突と関連していること示された。他研究では、血流の向きが定まらない血流の衝突部では、内皮細胞の生着が低下するという知見が示されている。菲薄部の病理分析を同時に開始しているが、同様な知見が示されつつある。血流の衝突が瘤壁の再生を不全化させることで菲薄化が進行していくのであろうと推察している。今後、病理分析の結果をま

とめ、脳動脈瘤の血流・病理の因果関係を明らかにしていく予定である。



(A)画像診断 (B)術中観察

図1 脳動脈瘤の診断と治療  
壁性状は開頭しないとわからない

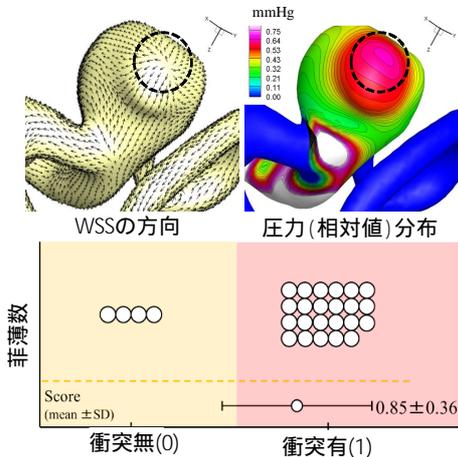


図2 瘤壁の菲薄部と血流の衝突の相関

### D. 結論

脳動脈瘤で血豆様に観察される菲薄部と血流の衝突が精度よく相関しているという知見を取得することができた。流れの衝突の有無を診断指標として瘤菲薄化の程度を診断できる可能性を示している。これまでCTやMRでは形だけで血流を評価できない。血流を診断にいれていくことで瘤壁の機能を高度に分析し、治療の最適化を行うことができるシステムを構築する予定である。

### E. 発表

Yagi T., Sato A., Shinke M., Takahashi S., Tobe Y., Takao H., Murayama Y., and Umezumi M., Experimental insights into flow impingement in cerebral aneurysm by stereoscopic particle image velocimetry: transition from a laminar regime, J. R. Soc. Interface 2013 10, 20121031.