

2022年度東京慈恵会科大学大学間共同プロジェクト研究費成果概要

報告日

2023年 4月 13日

部署名	脳神経外科
研究代表者 氏名	加藤直樹

1. 共同研究テーマ名	数値流体力学 (Computational Fluid Dynamics:CFD) を用いた未破裂脳動脈瘤・菲薄化部分の予測
2. 共同研究の連携先機関名	東京理科大学

研究成果の概要
<p>(研究手法):本研究では2015年1月から2021年4月にかけて東京慈恵会医科大学で開頭クリッピング術を施行した中大脳動脈、前大脳動脈及び内頸動脈に発生した未破裂の嚢状脳動脈瘤72症例を対象に脳動脈瘤の術前3D-DSAまたは3D-CTA画像より脳血管の三次元形状を再構成し、CFD解析を行った。一方、術中に取得した画像に対して、赤みを評価する指標であるRGB値を用いて菲薄部を定量的に定義した。その後、術中画像と再構成した脳動脈瘤の三次元形状を重ね合わせ、三次元形状における菲薄部を決定した。瘤壁に対し等間隔に点を作成し、菲薄部に存在する点と、菲薄部でない領域に存在する点におけるそれぞれの血行力学的因子の値をCFD解析結果より抽出した。得られた血行力学的因子の値に対して、多変量ロジスティック回帰分析を行うことで、菲薄部を特定する予測式を構築した。さらに、2010年1月から2014年12月に開頭クリッピング術を施した中大脳動脈瘤の内、解析可能な術中画像と医療用画像を有する8症例に対して、同様にCFD解析を行い、予測式を用いて菲薄部を予測した。術中画像をもとに実際の菲薄部を特定するとともに、予測式により得られる菲薄部の予測箇所と比較した。菲薄部と予測した領域の中で、実際に菲薄部が占める面積の割合を算出することで、CFD解析による菲薄部予測の手法が有効であるかを評価した。</p> <p>(研究結果):72症例に対するCFD解析の結果から得られた菲薄部予測式より、無次元化圧力差(PD: Pressure Difference)、無次元化壁面せん断応力(WSS: Wall Shear Stress)が高く、無次元化した壁面せん断応力の発散(WSSD: Wall Shear Stress Divergence)が低い領域で菲薄している可能性が高かった。血流の衝突による脳動脈瘤壁面垂直方向への負荷と、壁面における高い摩擦力が生じることで、内皮細胞が減少して菲薄したものと考えられる。また、菲薄部周辺において瘤壁が引き延ばされることで菲薄部が生じるため、菲薄部ではWSSDが低い値をとると考えられる。さらに、菲薄部予測式を予測式構築に用いなかった8症例に適用したところ、予測された領域中における菲薄部の面積割合は平均で63.2%であった。調査する血行力学的因子の種類とともに、予測式算出のための症例数を増やすことで、予測精度が向上すると考えられる。</p> <p>今後の展望、成果発表の計画について</p> <p>(今後の展望) 本研究の第二年度までに、既に開頭クリッピングを施行した計149症例(中大脳動脈瘤:113症例、前大脳動脈瘤:29症例、内頸動脈瘤:7症例)に対するCFD解析を実施済みであり、このうち80症例に対するCFD解析の結果を用いた菲薄部の予測を上記研究成果の概要の通り明らかにした。残る69例についてもCFD解析は完了しており、最終的に総計224症例を対象とした調査を第三年度中に実施し、研究結果に反映可能な見込みである。この症例数の増加と、菲薄化に関与する血行力学的因子の組み合わせ方法の検討、非線形重回帰分析等の新たな統計学的手法の導入によって、菲薄部予測の精度を向上出来ると期待される。さらに今後開頭クリッピング術により治療する新たな症例に対して、菲薄部予測式を適用する前向きな精度検証を行い、本研究で算出した予測式の有効性を評価する。更に、これまでの研究では、術中画像のRGB値を用いて赤みを評価し菲薄部を定義していたが、赤みと壁厚の定量的な関係は明らかでなかった。今後、脳動脈瘤の瘤壁を採取し、クリオスタットを用いて実際の厚さ計測し、壁厚と赤みの相関を評価することで、菲薄部だけでなく壁厚を算出可能にすることを目指して研究を実施する。</p> <p>(研究成果の発表) 上記の研究結果をまとめ、本年度は以下の学会での成果発表を予定している。 ・X International Conference on Computational Bioengineering (ICCB 2023) @Vienna ・第39回NPO法人 日本脳神経血管内治療学会学術総会 @京都</p>