

2025年度東京慈恵会医科大学大学間共同プロジェクト研究費成果概要

代表者氏名 小関 宏和
部署名 脳神経外科学講座

1. 共同研究テーマ名

コンピュータ数値流体解析による脳動脈瘤壁の血管リモデリング機構の解明

2. 共同研究の連携先機関名

東京理科大学

3. 研究成果の概要

【方法】既に確立されたラットの動脈瘤モデルを用いて外科的に血管分岐部を作成し、磁気共鳴血管画像(MRA)を用いて動脈瘤形成の有無を経時的に観察した。4週間以内に動脈瘤形成を認めたものを動脈瘤群、認めなかったものを対照群と定義し、前年度に引き続いて例数を蓄積した。MRA画像からコンピュータでの数値流体解析(CFD)を行った。さらに、前年度までにアルゴリズムを確立した流体構造錬成解析(FSI)も行った(図1)。さらに、同部位の超音波検査による血管壁の運動や血流パターンの解析を行った。

【結果】動脈瘤群16例、対照群48例で比較検討を行った。CFD/FSI解析では、新規発症群において安定群よりも高いPLc (pressure loss coefficient)、WSSD (wall shear stress divergence)、最大主歪み値(Max. ϵ_1)が認められた(図2)。とりわけ、血管壁の変形量を示すMax ϵ_1 の中央値は動脈瘤群で9.26 [8.37-10.25] %、対照群で7.98 [6.89-9.08] %であった($p = 0.0042$) (右図)。これらの血行力学的指標は、いずれも血管壁の進展を示すものであり、FSIによって実際の血管壁の歪みが動脈瘤群でより大きいことを示した。なお、FSIで得られた血管壁の変化量と、超音波検査による壁運動の実測値は近似しており、FSI解析の精度が十分であることを確認した。

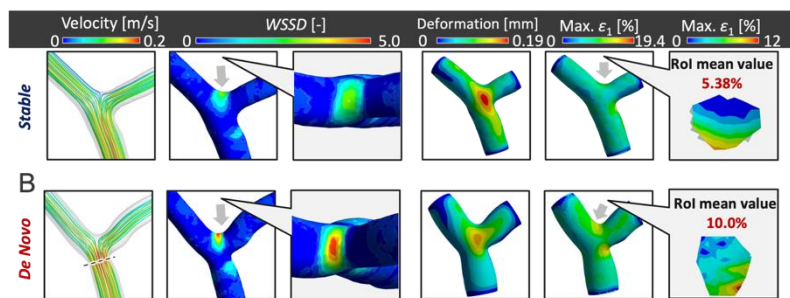


図1. 流体構造錬成解析による血管壁への進展張力の可視化

図2. CFD/FSI解析結果。PLc、WSSD、Max. ϵ_1 の比較。動脈瘤群(n=16)と対照群(n=48)の比較結果を示す箱ひげ図。PLcとMax. ϵ_1 は動脈瘤群で有意に高い値を示している。WSSDはP=0.1156で有意差はなかった。

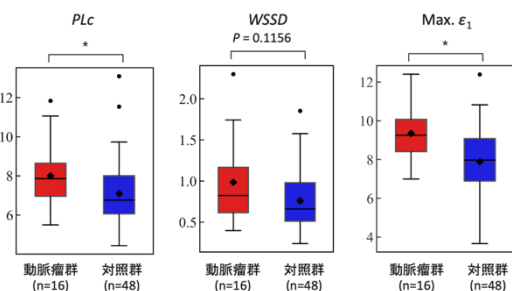


図2. CFD/FSI解析結果

4. 今後の展望、成果発表の計画について

今年度は国際学会発表2件、国内学会発表2件の成果を上げている他、当研究チームの平林達也(東京理科大学機械工学科)の学士卒業論文、星野耕平(東京理科大学大学院工学研究科)の修士卒業論文として発表した。現在、本研究成果の論文を執筆中であるとともに、2026年度には国際学会2件、国内学会2件が発表予定である。また、本研究で用いたCFD/FSI解析に基づいた脳動脈瘤発生予測システムの実用化を目指したソフトウェア開発に着手する予定である。