

2021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 2022年 4月 15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

(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、及び前大脳動脈に発生した未破裂の嚢状脳動脈瘤55症例を解析対象とした。脳動脈瘤の術前3D DSAまたはCTA画像を基に脳血管の三次元形状の再構成し、CFD解析を行った。血行力学パラメータとして、PD, wall shear stress (WSS), wall shear stress divergence (WSSD) を算出した。各パラメータの90パーセント以上の値を示す領域をHigh領域、10パーセント以下の値を示す領域をLow領域と定義した。先行研究において、高PD, 高WSS, 低WSS及び高WSSDと菲薄の関与が示唆されていることから、本研究では、HighPD領域, HighWSS領域, LowWSS領域, HighWSSD領域の4領域及びこれらの領域を組み合わせた6領域 (HighPD or HighWSS領域, HighPD or HighWSSD領域, HighWSS or LowWSS領域, HighWSS or HighWSSD領域, LowWSS or HighPD領域, LowWSS or HighWSSD領域) の計10領域を関心領域 (RoI: region of interest) として定義した。また、RGB値を用いて術中画像における菲薄領域を定量的に抽出し、RoIの面積に対するRoI中の菲薄領域の面積の割合を一致率として算出した。

(研究結果)

全55症例における各RoIの平均一致率は、HighPD領域では60.6%、HighWSS領域では51.8%、LowWSS領域では40.9%、HighWSSD領域では52.5%、HighPD or HighWSS領域では、56.8%、HighPD or HighWSSD領域では、56.9%、HighWSS or LowWSS領域では、48.0%、HighWSS or HighWSSD領域では、52.9%、LowWSS or HighPD領域では、53.6%、LowWSS or HighWSSD領域では、47.5%となった。HighPD領域, HighWSSD領域, HighWSS領域, LowWSS領域の順に平均一致率が高く、これらが菲薄化に関与していることが示唆された。HighPD領域では、血流の衝突により壁面垂直方向にかかる力が大きくなるため、菲薄領域が生じた可能性がある。次に、HighWSSD領域では、壁面に沿った正味の引張り力により瘤壁が菲薄化したと考えられる。さらに、HighWSS領域では、壁面における高い摩擦力が生じ、内皮細胞の減少により瘤壁が劣化し、菲薄化したものと考えられる。最後に、LowWSS領域では、低いWSSと関連する瘤壁の炎症と劣化により菲薄領域が生じたものと考えられる。以上より、菲薄化に関与する血行力学的要因は複数あり、症例ごとに異なる可能性が考えられる。一方、2種類のパラメータを組み合わせたRoIの平均一致率は、いずれの場合においてもHighPD領域の平均一致率を下回っていた。しかしながら、2種類のパラメータを考慮することで、単一のパラメータでは特定できない菲薄領域を特定できた症例も存在した。菲薄化に関与する血行力学的パラメータの組み合わせ方法に検討を重ねることで、脳動脈瘤の菲薄領域特定精度を向上できる可能性がある。

今後の展望、成果発表の計画について

(今後の展望)

本研究の第一年度において、既に開頭クリッピングを施行した計126症例 (中大脳動脈瘤:97症例, 前大脳動脈瘤:27症例, 内頸動脈瘤:2症例) に対するCFD解析を実施済みであり、このうち術中の顕微鏡画像の収集が完了した55症例を用いて菲薄部と血行力学的パラメータとの関係を上記研究成果の概要の通り明らかにした。残る71例についても継続して術中の顕微鏡画像を収集しており、第二年度中に研究結果に反映可能となる見込みである。この症例数の増加と、菲薄化に関与する血行力学的パラメータの組み合わせ方法にさらなる検討を加えることで、菲薄部の予測精度を向上出来ることが期待される。また、これまでの研究では、解析可能な症例を全て用いて血行力学的パラメータと菲薄部との関連を調査し、菲薄部予測のための手法を開発してきた。よって、未知の症例に対して本手法を適用した場合に、想定通り菲薄部を予測できるかについては検証できていない。そこで、今後開頭クリッピングにより治療する新たな症例に対してCFD解析を実施し、盲目下で菲薄部の特定と実際の一致率を算出することで、本研究で開発した手法が有効かについての検証を行う。