

令和元年6月5日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K10648

研究課題名(和文)スタンフォードB型解離の大動脈径拡大のメカニズムの解析と予測方法の開発

研究課題名(英文) Analysis of the mechanism of aortic diameter enlargement of Stanford type B dissection and development of prediction method

研究代表者

吉岡 一郎 (Yoshioka, Ichiro)

東北大学・大学病院・助教

研究者番号：90770272

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：研究を始めるにあたってB型大動脈解離の治療成績を再評価を行った。CTで解離の形態を分離してみたところで現状の形態解析だけではやはりその拡大を予測することが難しいことが再確認された。CTデータから得られる大動脈の形態構築とMRI検査から得られる流速条件から有限要素解析法を用いた壁せん断応力の解析を試みた。しかし大動脈解離のintimal flapの動きについては、4DのMRI検査で急性期においては慢性期に比して動きが非常に大きいことが分かり、これを流体解析のなかで組み込むことは困難であることが分かり、大動脈解離の初期段階で拡大予測を行うことが困難であることが分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

解離の存在する大動脈壁はその脆弱性から経時的に拡大傾向をしめすことがあり、拡大したものは破裂の危険度が高くなる。しかし、これまでのところ慢性大動脈解離の大動脈径拡大の予測については形態解析だけでは困難であることが分かっている。慢性期の拡大を予防する手術も存在するが、手術のリスクや費用対効果からは全例に予防的手術を行うことには問題がある。形態解析に流体解析を加えることで拡大予測が可能となればその意義は大きいものであったが、現時点では大動脈解離の複雑さをシミュレーションすることが困難なことが分かった。

研究成果の概要(英文)：Before starting the FSI analysis, we reevaluated the results of treatment for type B aortic dissection. It is reconfirmed that it is difficult to predict the aortic expansion only by the morphological assessment.

We attempted to analyze wall shear stress using finite element analysis (FSI analysis) from the topography of the aorta obtained from CT data and flow velocity conditions obtained from MRI examination. However, with regard to the movement of intimal flaps in aortic dissection, 4D MRI shows that movement is much greater in acute than in chronic, and it is difficult to incorporate this in fluid analysis. It turns out that it is difficult to make a prediction of aortic expansion in the early term of aortic dissection.

研究分野：心臓血管外科

キーワード：B型大動脈解離 流体構造連成

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

解離の存在する大動脈壁はその脆弱性から経時的に拡大傾向をしめすことがあり、大動脈径が6cmを越えると再び破裂の危険度が高くなる。近年、普及しきっているステントグラフト治療は従来の開胸手術を伴う人工血管置換手術に比べ侵襲度は低くB型の大動脈解離に対してもその治療効果が期待されているがステントグラフト治療が有効であるか否かは、その大動脈解離の形態に依存している。しかし、これまでのところ慢性大動脈解離の大動脈径拡大の予測については一定の見解は得られていない。

2. 研究の目的

慢性大動脈解離の大動脈径拡大の予測方法を確立することは極めて有用である。型の大動脈解離例の壁せん断応力を計算できる新たなFSIモデルを作成し、壁せん断応力を算出することで、大動脈解離後の拡大を来す形態を推定することである。

3. 研究の方法

まず、すでに開発した大動脈解離に対する有限要素法の改良を行う。対象は東北大学心臓血管外科にて大動脈解離と診断された過去数年間および今後の症例が対象となる。患者データの使用にあたっては患者に同意を得てから使用する。患者は当院にて造影CTを撮影され、画像はDICOM形式で保存され、パーソナルコンピュータ上にて、3次元構築ソフトをOSIRIX64bit用いて軸方向のCT画像の中の大動脈内腔を真腔、偽腔別々に2次的にトレースし、3次元のIGESデータとなる。IGESデータを有限要素解析ソフトANSYSに入力する。ANSYS上では真腔2mm、偽腔1mmと壁厚を設定する。材料定数は真腔、偽腔ともに2.6MPaに設定する。内圧としては真腔内圧としては収縮期血圧を用いるが、偽腔内圧は収縮期血圧の20%増加値を用いることとする。これらの条件をANSYS上に入力し、心臓などの拘束条件を従来と同様に設定し、有限要素解析法にて非線形解析を行い、相当応力の分布を作成する。Meshingされた3DデータはSTLデータとして保存する。STデータを有限要素解析ソフトANSYS Fluent上で再構築を行う。また、患者は位相コントラスト核磁気共鳴法(phase-contrast MR imaging, pcMRI)を撮像されており、これより初期流速条件を求め、これらの条件をANSYS上にinputし有限要素解析法にて壁せん断応力の分布を作成する。外来経過観察中の症例に関しては、現時点での壁せん断応力分布と、その後のCTによる大動脈瘤の拡大の有無を評価する。

4. 研究成果

研究を始めるにあたって解析の対象とする症例を絞り込むことができれば効率が良いと考え、B型大動脈解離の治療成績を再評価することとした。解析の対象とする症例を検討するために、まず過去10年程度の症例を研究室内のデータベースより抽出して経過および治療成績について詳細に検討した。この結果については第69回日本胸部外科学会にて発表を行った。当施設で治療を行った症例は9年間で約40例であった。問題となる大動脈径の拡大が認められた症例は全体の約20%あったが、CTで乖離の形態を分離してみたところで現状の形態解析だけではやはりその拡大を予測することが難しいことが再確認された。この結果は2016年第69回日本胸部外科学会で発表した。

そこで計画の通り、まず大動脈径の拡大した症例と拡大のなかった症例を数例ずつ選択してそのシミュレーションを行うこととした。初期流速条件については、患者の位相コントラスト核磁気共鳴法(phase-contrast MR imaging, pcMRI)より求めることとしているが、まだ解析に必要なデータを得るためには撮像条件の調整を行った。当初は流速の計測を、大動脈解離のない上行大動脈および下行大動脈の真腔と偽腔で計測を行っていたが、これもシミュレーションの精度を

上げるために、流れの出口側にあたる頸部分枝の流速を求めることでその精度が上がるのがわかり、検査の条件を2017年10月より変更した。月1例から2例のペースでデータを集積することが出来た。

STLデータを有限要素解析ソフトANSYS Fluent上で再構築を行ない、初期流速条件などを組み込み壁せん断応力の解析を試みたがモデルの構築には各種のパラメータの設定が必要である。検討した結果、大きな問題として、大動脈解離を扱っているため、真腔と偽腔では本来壁構造が違いため、一様の壁の暑さと強度では実際とは異なってしまうため、それぞれに動脈壁の厚さや弾性などのパラメータを設定することが必要であり実際のCT画像から設定を試みた。しかし血管壁は実際には拍動に合わせて動的であり、intimal flapについても同様であることが手術時の肉眼所見からは推測できていた。intimal flapの動きについては、今回の研究において4DのMRI検査でわかったことではあるが、大動脈解離の急性期においては慢性期に比して動きが非常に大きいことがわかり、これを流体解析のなかで組み込むことは困難であることが分かってしまった。今回の研究目的は、あくまでも大動脈解離の初期段階で今後の大動脈解離の拡大を予測することを主目的としており、このintimal flapを動かさないものとしてシミュレーションを行うことは、残念ながら無意味なことでありこれ以上の研究は難しいことが明らかになった。

今後の展望としては流体解析からは離れて、どういう大動脈瘤の形態が拡大しやすいかというところを、これまでの大動脈の大きさや主観的な表現に頼っていたものを数学的に表現することを試み、記述的表現から数値化への移行を可能とし大動脈破裂の危険度の予想を行ない、さらにこれをAIへ応用することを考えている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計1件)

第69回日本胸部外科学会定期学術集会 uncomplicated B型大動脈解離の再評価

吉岡一朗 川本俊輔 熊谷紀一郎 秋山正年 安達理 増田信也 河津聡 齋木佳克

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年:

国内外の別:

取得状況(計 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類：
番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号（8桁）：

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。