

平成 27 年 5 月 27 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24591866

研究課題名(和文) 腹部大動脈瘤内挿後ステントグラフトの経時的変化のシミュレーション研究

研究課題名(英文) Simulation of chronological changes of the stent graft after implantation in the abdominal aortic aneurysm

研究代表者

岡本 宏之 (OKAMOTO, Hiroyuki)

東京大学・医学部附属病院・登録研究医

研究者番号：60348266

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：腹部大動脈瘤内に留置されたステントグラフトは、機種によって異なった振る舞いをする。また、屈曲やねじれなどの因子は留置後に徐々に変化をすることがわかった。その数値化と視覚化に、独自のモデルを用いて成功した。それによりmigrationして破裂に至るリスクが明らかにされ、臨床への一助となると考えられた。

研究成果の概要(英文)：Stent graft changes chronologically after implantation into the abdominal aortic aneurysm, and the behaviors differed among devices. We revealed that mechanical factors such as curvature (angulation) or torsion changes gradually after the implantation and numerically expressed and visualized, with our own modeling system. We are able to reveal the risk of migration case-specifically, which is considered to be helpful clinically.

研究分野：vascular surgery

キーワード：simulation modeling system stent graft migration

## 1. 研究開始当初の背景

腹部大動脈瘤に対する治療においてステントグラフト内挿術が出現したことは、特にハイリスクの患者にとっては福音となってきた。死亡率や合併症率の短期成績の劇的な改善が明らかになり、今では治療の第一選択になっている施設もでてきた。しかしバルーン圧着のみでデバイスを固定せざるを得ない本治療法の欠点として、エンドリークといわれる「わき漏れ」を初めとした比較的短期での問題があり、また長期でのデバイスの破損やmigrationについては十分なデータがないのが現状である。特に屈曲が強いなどの解剖学的な形態の動脈瘤に対しては、ステントグラフトが追従しきれずに主に末梢側でmigrationする症例もみられている。

下図は屈曲の強い症例にステントグラフトを留置し、その後ステントグラフト末梢側が徐々にmigrationし瘤内に落ち込んで切迫破裂となったものである。角度の変化をみると、角度の変化とともにmigrationしていく経緯がよくわかる。

ステントグラフトにかかる力がどのようなものか、今までシミュレーションはほとんどされてこなかった。その理由の一つはパラメーターが多く設定が困難なためである。当施設では中枢のエンドリークの防止に最大の注意を払っており、さまざまな術中処置を行い1%未満の術中エンドリーク率である。そのため中枢は固定しその末梢の角度、長さ、摩擦力、ステントグラフト自体の弾剛性についてパラメーターを設定すればよい。解剖学的に屈曲の強い症例で、どのような力が大動脈(瘤)にかかるのかがわかることによって、術後の再治療の可能性を予測し、より早い対処が可能となる。ひいてはこの新しい治療のより多くの患者への適応の広がりが期待できると考えている。

## 2. 研究の目的

腹部大動脈瘤の解剖学的形態と留置したステントグラフトの配置、その後の形態変化を解析する。その上でステントグラフト自体の剛性や弾性、長さなどをパラメーターとし、留置後の血行力学的変化をシミュレーションする。

## 3. 研究の方法

(1) 東京大学血管外科における臨床データの解析

2009年4月から2011年9月までに行われた腹部大動脈瘤に対するステントグラフト内挿術50例の全ての画像について、術前の大動脈瘤の形状および術後の形態変化について解析する。

計測はOsirix 3.9-DICOM viewer for Mac OS Xを使用

大動脈瘤の角度の設定。腎動脈レベルから大動脈の中心点を結んだ線、大動脈分岐部に向かう線との角度を検証する。

角度の変化率を、術前後での角度の差を術前の角度で除したものと定義する。60度以上の屈曲高度症例9例のpilot studyでは、術直後の変化率は4-41%(median 20%)であった。また、6カ月後・1年後のfollow up CTが可能であった症例はそれぞれ2例ずつであり、変化率は6カ月後で39・50%、1年後においては9・27%であった。これらのことからステントグラフト留置によって高度屈曲症例は、屈曲は一旦矯正されるが、時期をおいて徐々に元に戻る傾向にあったことがわかっている。

術後のステントグラフトの形状変化、末梢側のmigrationなどのフォロー。

術後合併症の検証と、デバイス移動との関連性の検証。

共同研究施設からのデバイス特性の検証結果、シミュレーション結果から導き出した仮想式から、デバイスのサイズおよび留置方法の最適化を探る。

(2) やわらかい管(コラプシブルチューブ)としての血管壁と、内部を流れる血流の相互作用を解析(流体構造連成解析、FSI(Fluid-Structure Interaction) Analysis)するために、“MC-DIAS”という循環器系のマルチスケール、マルチフィジックスシミュレータを開発している。

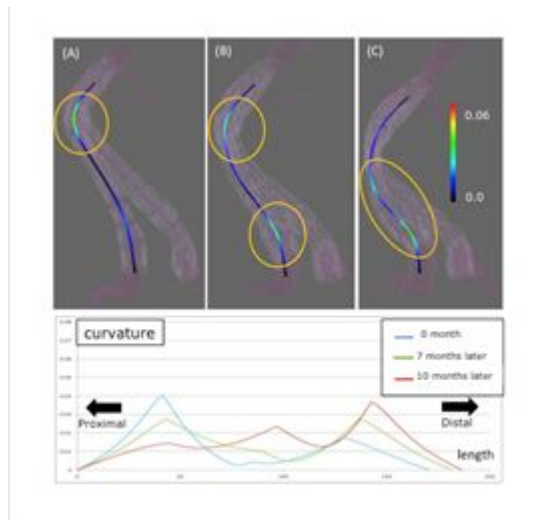
東京大学血管外科より、倫理委員会の許可を得た上で得られたComputed Tomography(CT)でのDICOM(Digital Imaging and Communication)データを下位に、血管壁面せん断応力を中心としたパラメーターを設定する。

次にパラメーターの最適化を行う。すなわち、数あるパラメーターのうち、臨床データ(ステントグラフト挿入後の実際の形状)に最も合致した仮想式を設定する。

その上で、最終的には手術前症例にProspectiveに仮想式からシミュレートを行う。術後のデータからフィードバックし、さらに最適化をすすめていく。

## 4. 研究成果

腹部大動脈瘤内に留置されたステントグラフトは、機種によって異なった振る舞いをする。また、屈曲やねじれなどの因子は留置後に徐々に変化をすることがわかった。その数値化と視覚化に、独自のモデルを用いて成功した。それによりmigrationして破裂に至るリスクが明らかにされ、臨床への一助となると考えられた



## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 3 件)

Kobayashi M, Hoshina K, Yamamoto S, Nemoto Y, Akai T, Shigematsu K, Watanabe T, Ohshima M.

Development of an image-based modeling system to investigate evolutionary geometric changes of a stent graft in an abdominal aortic aneurysm. *Circ J* 2015 Epub ahead of print DOI: 10.1253/circj.CJ-15-0037

Akai T, Hoshina K, Yamamoto S, Takeuchi H, Nemoto Y, Ohshima M, Yamauchi H, Ono M, Watanabe T.

Biomechanical analysis of an aortic aneurysm model and its clinical application to thoracic aortic aneurysms for defining "saccular" aneurysms. *J Am Heart Assoc* 2015;4:e001547 DOI: 10.1161/JAHA.114.001547

Hoshina K, Akai T, Takayama T, Kato M, Nakazawa T, Okamoto H, Shigematsu K, Miyata T.

Outcomes and morphologic changes after endovascular repair for abdominal aortic aneurysms with a severely angulated neck : A device-specific analysis. *Circ J* 2013;77:1996-2002 DOI: 10.1253/circj.CJ-13-0204

〔学会発表〕(計 3 件)

保科克行、赤井隆文、根元洋光、大島まり、山本創太、山内治雄、小野稔、重松邦広、渡邊聡明

大動脈のシミュレーション研究における医工連携とその成果 第 55 回日本脈管学会総会 2014 年 10 月 30 日 倉敷

保科克行、小林匡治、大島まり、山本創太、赤井隆文、根元洋光、保坂晃弘、宮原拓也、岡本宏之、重松邦広、宮田哲郎、渡邊聡明

ステントグラフト留置後の形態変化の評価：モデリングシステムの開発 第 44 回日本心臓血管外科学会総会 2014 年 2 月 19 日 熊本

保科克行、赤井隆文、加藤雅明、浦部豪、中澤達、大島まり、山本創太、白須拓郎、芳賀真、望月康晃、松倉満、谷口良輔、根本卓、山本諭、赤井淳、西山綾子、保坂晃弘、岡本宏之、重松邦広、宮田哲郎 瘤頸部高度屈曲症例に対するステントグラフト内挿術後の経時的変化と合併症：デバイスごとの検討とシミュレーションの役割 第 53 回日本脈管学会総会 2012 年 10 月 12 日 東京

〔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：

出願年月日：

国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

出願年月日：

取得年月日：

国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

## 6. 研究組織

(1)研究代表者

岡本 宏之 (OKAMOTO, Hiroyuki)

東京大学・医学部附属病院・登録研究医  
研究者番号：60348266

(2)研究分担者

宮田 哲郎 (MIYATA, Tetsurou)

東京大学・医学部附属病院・届出研究医

研究者番号：70190791

重松 邦広 (SHIGEMATSU, Kunihiro)  
東京大学・医学部附属病院・講師  
研究者番号：20215966

保科 克行 (HOSHINA, Katsuyuki)  
東京大学・医学部附属病院・講師  
研究者番号：90571761

大島 まり (OHSHIMA, Mari)  
東京大学・その他の研究科・教授  
研究者番号：40242127