

<特集「各科領域における低侵襲・機能温存手術の現状と今後の展望」>

## ステントグラフトを用いた胸部大動脈瘤低侵襲治療

岡 克 彦

京都府立医科大学大学院医学研究科心臓血管・呼吸器外科学\*

### Endovascular repair of thoracic aortic aneurysms

Katsuhiko Oka

*Department of Cardiovascular Surgery, Kyoto Prefectural University of Medicine*

#### 抄 録

胸部大動脈瘤は破裂した場合、死に至る可能性が高い非常に危険な疾患で、破裂の予防が最も有効な治療法である。近年の外科的手術手技の向上はめざましく胸部大動脈人工血管置換術の手術成績も格段に改善されてきているが、治療を必要とする胸部大動脈瘤患者の多くが高齢であり、耐術能の低い症例が稀ではなく、その死亡率・合併症率は軽視できない。それゆえ全身状態によって手術が制限されることも少なくない。

血管内治療では従来手術の最大侵襲要素である体外循環を回避することが可能であり、その著しい低侵襲性から高齢者やハイリスク症例に限らず重要な治療選択の一つとなっている。治療の低侵襲化を大きな目的に、デバイスの改良と内挿技術の向上がすすめられ進歩してきたステントグラフト内挿術であるが、まだその歴史は浅く、発展途上の現時点においては使用するデバイスの持つ性能・限界を十分に理解していることが極めて重要である。厳格な適応選択、安全かつ正確な内挿技術の向上とより優れたシステムの開発進歩が不可欠であり、低侵襲性の追求のみならず安全性、根治性とのバランスが実現されて初めて一般医療として受け入れられるものと考ええる。

キーワード：胸部大動脈瘤，ステントグラフト，低侵襲治療，血管内治療。

#### Abstract

Endovascular repair of thoracic aortic aneurysms is one of the hopeful alternatives to conventional open surgery that is sometimes responsible for the tragic complications.

Conventional total arch repair of aortic aneurysm is requiring cardiopulmonary bypass and deep hypothermic circulatory arrest. Despite recent improvements in surgical technique, total arch repair still has significant morbidity and mortality.

But endovascular repair is not requiring CPB and DHCA. Therefore, the morbidity and mortality in stent-grafting is lower than surgical arch repair.

Endovascular repair shows potential as a safe and useful treatment for thoracic aortic aneurysms. Further investigation should attempt to determine its efficacy over a longer postoperative period. And the mature mass-product devices must be developed. When we can get not only less invasiveness but also safety and reliability, endovascular aortic repair will be accepted.

**Key Words:** Thoracic aortic aneurysm, Stent-graft, Less invasive therapy, Endovascular therapy.

## はじめに

胸部大動脈瘤は徐々に拡大し、破裂した場合に死に至る可能性が高い非常に危険な疾患で、破裂の予防が最も有効な治療法である。近年の外科的手術手技の向上はめざましく胸部大動脈人工血管置換術の手術成績も格段に改善されてきているが、治療を必要とする胸部大動脈瘤患者の多くが高齢であり、他の動脈硬化性血管病変を有していることも多く、元々従来手術に対する耐術能の低い症例が稀ではなく、その死亡率・合併症率は軽視できない。それゆえ全身状態によって手術が制限されることも少なくない。

従来手術における最大侵襲要素は大開胸もさることながら体外循環である。従来手術では補助循環の使用が必須で、病変部位によっては超低体温循環停止・脳分離体外循環も必要となりうる。出血量も増加し、心不全・呼吸不全・脳循環障害などの合併症の誘因となる。

しかし血管内治療では体外循環を回避することが可能であり、その著しい低侵襲性から高齢者やハイリスク症例に限らず重要な治療選択の一つとなっている。今日の胸部大動脈ステントグラフト内挿術の概要を自験例もまじえて紹介する。

## 大動脈ステントグラフト内挿術の歴史

1969年 Dotter の実験的検討<sup>1)</sup>には始まり、1970～80年代の基礎研究を経て、1991年に腹部大動脈瘤に対するステントグラフトの臨床的応用が Parodi によって最初に英文報告<sup>2)</sup>された。次いで Dake や Mitchell の胸部大動脈瘤に対する大動脈ステントグラフト内挿術の臨床報告<sup>3,4)</sup>が行われた。開発当初は未熟なデバイスと不慣れた留置手技のためその治療成績は必ずしも満足のものではなかったが、その後のデバイスの進歩と留置手技の工夫・習熟によって治療成績も向上し、その有用性が報告され<sup>5)</sup>、現在欧米では標準術式の一つとして市販デバイスが用いられている。

本邦でも 1990 年代後半から自作デバイスに

よるステントグラフト内挿術の臨床応用がはじまり、年々増加傾向である。2000 年代にはいると中期～遠隔期成績も報告されるようになり<sup>6,7)</sup>、2006 年には腹部大動脈用の市販デバイスが認可された。胸部大動脈に関しても 2008 年によりやく厚生省認可市販デバイスが登場したが、まだ普及と言うには程遠いと言わざるを得ないのが現状である。

## デバイス

欧米では胸部大動脈瘤に対する種々の市販ステントグラフトが認可されているが、本邦では 2008 年に Gore 社 TAG<sup>®</sup> (図 1) が厚生省認可をようやく受けたばかりである。日本ではこれまで自作デバイスしか無かったという環境から、逆に個性あるステントグラフトが生まれている。

世界的にも有名な『INOUE ステントグラフト』<sup>®</sup> は国内唯一の分枝付きステントグラフトとして臨床応用されている。

金沢大学医学部放射線科・心臓血管外科を中心に行われている『M-K ステントグラフト』<sup>®</sup> はナイチノール性のワイヤーを織り上げて骨格としており、屈曲蛇行の強い血管壁にも柔軟にフィットするのが特徴である。



図1 企業製胸部大動脈用ステントグラフト TAG<sup>®</sup> (GORE 社)

東京医科大学血管外科では世界でも有数の経験から、大動脈形態を解析し、必要とされるステントグラフト骨格パターンを分類して『NAJUTA ステントグラフトシステム』を考案している。

しかし現実には、多くの施設で自己拡張型ステントである Gianturco Z stent を骨格とし、ポリエステルもしくは ePTFE グラフトで被覆した自作ステントグラフトが使用されているのが現状である。

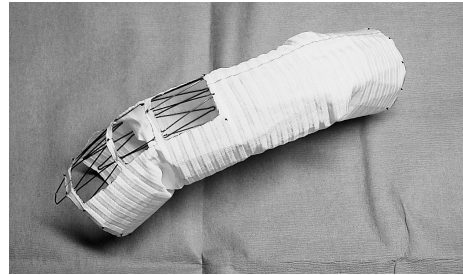
我々の施設では市販デバイスである Gore 社 TAG<sup>®</sup> と東京医科大学血管外科開発の治験デバイスの他、自作ステントグラフトを使用している。個々の症例の大動脈形態に合わせてステントグラフトを設計し、Z stent を組み合わせた骨格に thin wall ducron graft を被覆した precurved rigid stentgraft を作製している。デリバリーシステムに関しても先端に Migration 予防装置を装備し正確な留置が可能となっている (図2)。

さらに我々はステントグラフトおよびデリバリーシステムの設計思想として、短い sealing zone を生かして、かついかに長く安定した fitting zone を確保するかを重視している (図3)。そのため遠位弓部大動脈病変に対しても複数のステントグラフトを重ね、上行大動脈 (Zone 0) まで開窓型ステントグラフトを留置するようにデザインしている (図4)。確実なランディングゾーンの確保やステントグラフトの形状維持・剛性補強など遠隔期での大動脈変形 (瘤の長軸方向への進展, aortic remodeling) を予測した戦略が遠隔成績を向上させるために必要であることがすでに明らかになってきており、この考えに基づいている。

## 術 前 検 査

安全かつ正確なステントグラフトの留置には術前の画像診断が重要な必須条件である。CT スキャン、血管造影、MR angiography、超音波など様々な検査法があるが、侵襲も比較的少なく、良好な画像が得られ、かつ汎用性がある CT スキャンが優れていると考える。最近の 3DCT では大動脈形態と大動脈瘤の部位、要求される

A



B

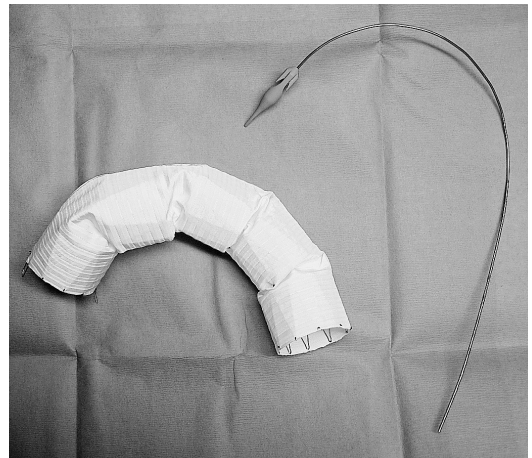


図2 A:開窓型自作ステントグラフト, B:自作ステントグラフト



図3 Landing zone: 矢印... Sealing zone, 実線内... Fitting zone

ステントグラフトの形状・長さ・留置部位の決定やアプローチ血管の径・性状などに関する多くの情報が広い範囲でかつ高解像度で得られるようになっている。

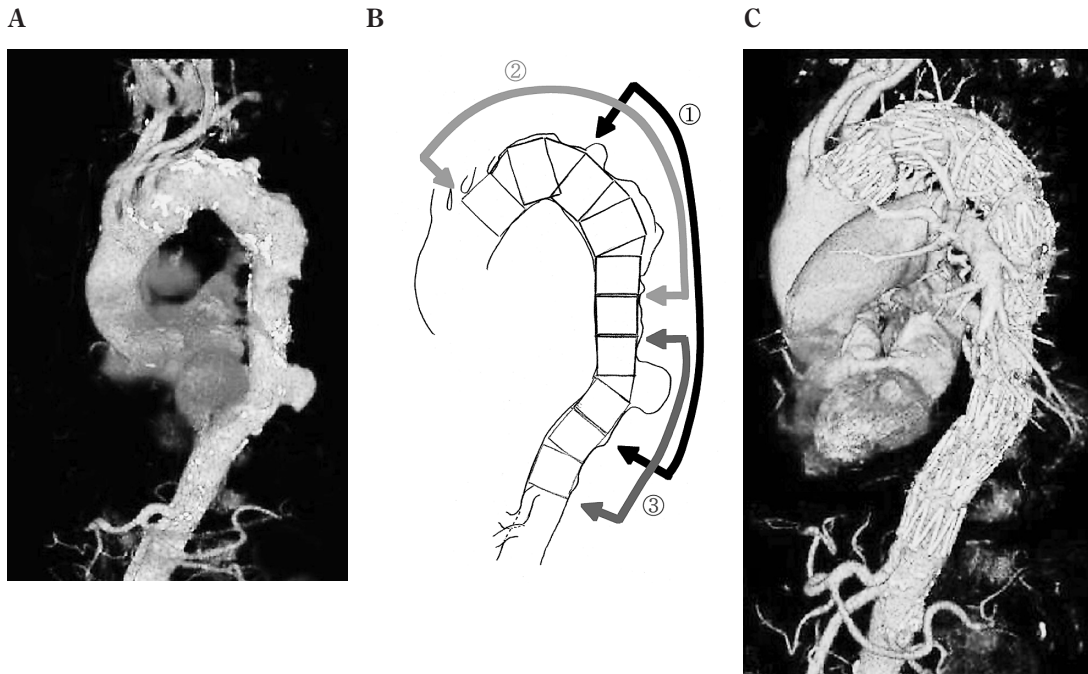


図4 A 胸部広範囲多発大動脈瘤症例 術前3D-CT

B スtentグラフトデザイン

弓部～胸部全下行～胸腹部（腹腔動脈直上）の全胸部大動脈病変を3本のstentグラフトを連結して一括治療。弓部屈曲『アゴ』に係るように留置し、SG long-overlap させ骨格の強化を計る（Aortic remodeling に対する Delayed Migration 対策）。対麻痺対策として鎖骨下動脈血流を Fenestration で温存。

C スtentグラフト内挿術後3D-CT

## stentグラフト内挿術の適応

### 1. 形態的適応

stentグラフト内挿術においては形態的適応が最も重要で、以下は我々の施設における形態的適応の骨子である。

- ①腕頭動脈，左総頸動脈，左鎖骨下動脈などの大動脈主要分枝血管から瘤起始部までの健常大動脈の長さ（Proximal neck）が15 mm 以上あり Sealing area が確保できること。また同部位の大動脈径が38 mm 以下であること。
- ②stentグラフトを固定する部位の大動脈に強度の屈曲や石灰化，不安定な壁在血栓がないこと。
- ③大腿動脈から目標部位までに高度の屈曲・狭窄がなく，デリバリーシースの先進が可能であること。

また，塞栓性合併症が高率に予測される shaggy aorta 症例や，血管損傷の危険性が高い Marfan 症候群は基本的に禁忌と考えている。

### 2. 臨床的適応

従来の開胸による人工血管置換術はめざましい外科的手術手技の向上で手術成績も格段に改善されてきているが，手術侵襲が非常に高く，その死亡率・合併症率は軽視できない。治療を必要とする胸部大動脈瘤患者の多くが高齢であり，他の動脈硬化性血管病変を有していることも多く，元々従来手術に対する耐術能の低い症例が稀ではなく，その意味でも低侵襲治療としての胸部大動脈stentグラフト内挿術の意義は大きい。優れた低侵襲性により手術リスクが高い症例への適応はもとより，形態的適応を満たしていれば，リスクのない症例であってもstentグラフト内挿術の適応となりうる。

逆に従来の人工血管置換術が困難もしくは禁忌である場合、ステントグラフト内挿術への期待はよりいっそう高まるが、形態的適応を満たさない症例への安易な適用は厳に戒めるべきである。治療奏率が下がることはもとより、合併症の可能性が高くなるからである。たとえ低侵襲性が大きな魅力であるステントグラフト内挿術であっても、合併症を生じた場合には従来手術のそれに匹敵する重篤な合併症となりうることを決して忘れてはならない。

## 方 法

### 1. 手術場所および麻酔

大腿動脈からのステントグラフト内挿の外科的侵襲は決して大きなものではなく局所麻酔でも可能であり、また局所麻酔であれば血管造影室で手技を行うことも不可能ではない。しかし我々は安全性を主眼においており、不測の緊急外科手術への移行に備えて全身麻酔下に手術室で行うこととしている。全身麻酔下ではDSA時の呼吸停止や循環動態の安定化など呼吸循環管理が安定して行える。

### 2. 透視装置

正確な留置にはより鮮明な透視画像が必要である。最近のモバイル型Cアームは高性能になっており、高解像の透視画像・DSA画像が得られる性能を有している。理想的には、安全性の意味も考えると血管造影室と同様の据え置き型透視装置が装備された血管内治療専用手術室が最良といえる。

### 3. 手術手技

ソケイ部切開で総大腿動脈を剥離露出し、カットダウンでデリバリーシースを挿入する。挿入に先立ち、右上腕動脈から露出した総大腿動脈までガイドワイヤーをpull throughし、これをガイドとしてtug of wire法でデリバリーシースを先進させる。tug of wire法を用いることにより屈曲蛇行の強いアプローチでもデリバリーシースを進めることが可能となり、血管損傷の危険性も低減できる。

デリバリーシステムを目標部位まで進めた後に血管造影を行い留置時のマップとする。デリ

バリーシステムが挿入された状態では大動脈形状が変形するためである。

我々はATPによる心停止や大静脈のバルーン閉塞による大動脈血流のコントロールは行っていない。これは大動脈血流をむしろ利用しながら留置しようとするステントグラフト設計思想に基づいている。ステントグラフトが放出される最中には先端部分が『先ずばめ』の形態となるような安定装置をデリバリーシステム先端に採用し、血流を受けながら留置位置をコントロール出来るようにしている。

ステントグラフトを放出してしまうと安心してしまう傾向が少なからずあるが、デバイスの回収にはステントグラフト位置移動や血管損傷の危険性が潜んでおり、システム先進時以上に慎重に行う必要がある。

デリバリーシース回収後に血管造影による確認を行い、必要であればバルーンによるステントグラフト圧着を行う。

pull throughしたガイドワイヤーの回収は必ず最後とする。全ての血管内治療に共通であるが、一旦確保したガイディングは命綱であり、完全に安全が確認されるまで決して失ってはならない。

血管縫合し創閉鎖を行って手技を終了する。

## 治 療 成 績

大動脈瘤に対するステントグラフト内挿術は瘤内への血流遮断をもって初期成功とする。また当然のことながら綿密に計画されたステントグラフト内挿術が予定どおり行えたか常に反芻すべきである。設計した通りの予定部位に安全かつ確実に内挿できたかを明らかにすることは、デバイスの性能を評価し限界を確認するうえで極めて重要で、手技の習熟にもデバイスの進歩にもつながる。さらにその経験がトラブルを予測し先んじて対処できることにつながるの言うまでもない。ステントグラフト内挿術は低侵襲である反面、従来手術と異なり直接病変部位を見ることが出来ないため、先んじた準備が無ければトラブルに対する対処は極めて困難であり、手術開始以前にいかにか先読み出来るか

が成否の鍵を握っている。

遠隔期成績では瘤径の変化が最も重要な評価点である。ステントグラフトの遠隔期位置移動や大動脈変形に関しても慎重な観察が必要で、エンドリークの出現や瘤の拡大傾向があれば何らかの追加治療を考えることが必要となりうる。

我々は2001年から胸部大動脈ステントグラフト内挿術を開始し、これまでに100例を越える症例に実施してきており、その成績も以下に示す。

### 1. 初期成績

本邦における胸部大動脈ステントグラフト内挿術の初期成績はおおむね良好で、術後CTでエンドリークのないいわゆる初期成功はほぼ90%前後が報告されている。

我々の経験では初期成功は90.4%であった。合併症は脳梗塞を2.1%に、大動脈損傷を2.1%に、また腸骨大腿動脈損傷を3.2%に認めた。対麻痺は幸いにも現在まで1例も経験していない。初期成績はデバイスの改良と手技の工夫・習熟で年々向上している。

### 2. 遠隔期成績

動脈瘤径の変化が評価基準となるが、初期成功90%以上で術後1年の瘤径の縮小50%、不変30~40%、拡大10%未満という報告がある。当施設では初期成功が得られているながら遅发型エンドリークによって瘤径拡大した症例もみられ慎重な経過観察が必要である。これらの瘤径拡大症例はステントグラフトの追加挿入あるいは外科手術により対応されている。ステントグラフトの位置移動は大動脈変形により数年後の遠隔期で見られることがあり、十分な経過観察の

継続がやはり必要である。先駆者である東京医科大学血管外科の報告では、術後5年生存率は追跡率96.8%に対して治療非関連死亡を含めて62.4%であり、5年遠隔期でも従来手術成績と遜色ない。

## 治療の限界と問題点

治療の限界は形態的適応がまさにそのまま当てはまる。Proximal neckの問題に関してはScallop, FenestrationあるいはBranched stent-graftなどの解決策が模索されており、我々はFenestrationを採用している。大動脈もしくはアプローチ血管の径・屈曲形態・性状に関しては、よりAtraumaticな細径のデバイスが求められており、今後ステントグラフト内挿術がひろがりつつある状況の中で、より成熟した安全なデバイスが開発され、市販デバイスとして普及されることが切に望まれる。

## おわりに

治療の低侵襲化を大きな目的として進歩してきたステントグラフト内挿術であるが、まだその歴史は浅く、特に胸部大動脈領域においてはその臨床導入からまだ10数年にすぎない。しかしデバイスの改良と内挿技術の向上によって良好な手術成績となってきている。発展途上の現時点においては使用するデバイスの持つ性能・限界を十分に理解していることが極めて重要である。厳格な適応選択、安全かつ正確な内挿技術の向上とより優れたシステムの開発進歩が不可欠であり、低侵襲性の追求のみならず安全性、根治性とのバランスが実現されて初めて一般医療として受け入れられるものとする。

## 文 献

- 1) Dotter CT. Transluminally-placed coilspring endarterial tube graft. Long-term patency in canine popliteal artery. Invest Radiology 1969; 4: 329-32.
- 2) Parodi JC, Palmaz JC, Barone HD. Transfemoral intraluminal graft implantation for abdominal aortic aneurysm. Ann Vasc Surg 1991; 5: 491-9.
- 3) Dake MD, Miller DC, Semba CP, et al. Transluminal placement of endovascular stent-grafts for the treatment of descending thoracic aortic aneurysms. N Engl J Med 1994; 331: 1729-34.
- 4) Mitchell RS, Dake MD, Semba CP, et al. Endovascular stent-graft repair of thoracic aortic

- aneurysms. J Thoracic Cardiovasc Surg 1996; 111: 1054-62.
- 5) Ishimaru S, Kawaguchi S, Koizumi N, et al. Preliminary report on prediction of spinal cord ischemia in endovascular stent graft repair of thoracic aortic aneurysm by retrievable stent graft. J Thoracic Cardiovasc Surg 1998; 115: 811-8.
- 6) Peppelenbosch N, Buth J, Harris PL, et al. Diameter of abdominal aortic aneurysm and outcome of endovascular repair: Dose size matter? A report from EUROSTAR. J Vasc Surg 2004 ; 39: 288-97.
- 7) Demers P, Miller DC, Mitchell RS, et al. Midterm results of endovascular repair of descending thoracic aortic aneurysms with first-generation stent grafts. J Thorac Cardiovasc Surg 2004; 127: 664-73.
- 8) Inoue K, Hosokawa H, Iwase T, et al. Aortic arch reconstruction by transluminally placed endovascular branched stent graft. Circulation 1999; 100(19 Suppl): II316-21.
- 9) Sanada J, Matsui O, Terayama N, et al. Clinical application of a curved nitinol stent-graft for thoracic aortic aneurysms. J Endovasc Ther 2003; 10: 20-8.

## 著者プロフィール



### 岡 克彦 Katsuhiko Oka

所属・職：京都府立医科大学大学院医学研究科心臓血管・呼吸器外科学 助教

略 歴：1991年3月 島根医科大学 卒業

1991年4月 京都府立医科大学第二外科

1993年4月 社会保険京都病院外科

1995年4月 大阪府済生会吹田病院胸部血管外科

1997年10月 京都府立医科大学第二外科（心筋アポトーシス研究）

1999年10月 京都府立医科大学心臓血管外科

2001年4月～10月 東京医科大学ステントグラフト研修

2002年5月 京都府立与謝の海病院外科（京都府立医科大学心臓血管外科助手兼任）

2006年7月～現職

専門分野：血管外科，血管内治療

最近興味のあること：新しいステントグラフトシステムの開発