

## 弓部大動脈瘤に対する K-circuit を用いた total debranching TEVAR 法 — 脳保護法 —

山本裕之, 豊川建二, 川津祥和, 井本 浩

鹿児島大学大学院医歯学総合研究科 心臓血管・消化器外科学

### Total Debranching TEVAR Method Using K-circuit for Aortic Arch Aneurysm — a Method of Cerebral Protection —

Hiroyuki YAMAMOTO, Kenji TOYOKAWA, Yoshikazu KAWAZU, Yutaka IMOTO

Department of Cardiovascular and Gastroenterological Surgery,  
Kagoshima University Graduate School of Medicine and Dental Sciences  
(Received 15 July 2020; Revised 21 July 2020; Accepted 24 July 2020)

\* Address to correspondence

Hiroyuki YAMAMOTO

Department of Cardiovascular and Gastroenterological Surgery,  
Kagoshima University Graduate School of Medicine and Dental Sciences  
8-35-1 Sakuragaoka, Kagoshima Japan 890-8544  
Phone: +81-99-275-5368  
e-mail: h-yamamo@m.kufm.kagoshima-u.ac.jp

### Abstract

Thoracic endovascular aneurysmal repair (TEVAR) is widely recognized as a minimally invasive procedure and has caused a paradigm shift as a treatment modality for thoracic aortic aneurysms. In high-risk and complex aortic arch cases, the hybrid arch repair is needed to ensure an adequate proximal landing zone and to maintain cerebral blood flow.

Total debranching TEVAR is a minimally invasive procedure that does not require a cardiopulmonary bypass and / or hypothermic circulatory arrest. However, the frequency of postoperative cerebral complications is surprisingly high, so more aggressive cerebral protection methods seemed to be important during normothermic operations. And thus, we developed the K-circuit method to solve this problem. The K-circuit technique creates a shunt circuit to the axillary artery using a branch of a prosthetic graft for aortic arch vessels bypass to maintain cerebral circulation. Total debranching TEVAR using K-circuit technique was performed in six cases during the

period between 2012 and 2018. There were no in-hospital deaths. There was no stroke, but incomplete paralysis occurred in one case.

The K-circuit technique is a simple and effective methods without the need for complicated surgical instruments for protecting the brain during total debranching TEVAR for aortic arch aneurysms.

**Key words:** Aortic arch aneurysm, Total debranching TEVAR, Hybrid arch repair, Cerebral protection, K-circuit

## 和文抄録

胸部大動脈ステントグラフト内挿術(TEVAR)は、低侵襲性が広く認知され、胸部大動脈瘤に対する治療手段として paradigm shift を起こした。しかし大動脈瘤が弓部大動脈に近接する場合には、中枢側 landing zone と脳血流の両者を確保するために hybrid arch repair 手技が必要となる。上行大動脈に inflow をおき弓部3分枝にバイパスを置く total debranching TEVAR 法がその一つである。人工心肺や低体温循環停止などの手技は不要で低侵襲であるが、脳合併症の頻度は意外に高く、常温下で行う弓部分枝の操作時には、より積極的な脳保護対策が重要であると思われた。当科では、バイパス用の人工血管側枝を利用して腋窩動脈へのシャント回路を作成し、可能な限り脳血流を維持した状態での操作を行う K-circuit 法を考案したので報告する。

手術手技は、inflow として上行大動脈に側側吻合したバイパス用の3分枝人工血管の尾側の側枝と、腋窩動脈との間にシャント回路を作成した。右腋窩動脈へのシャント中には、右総頸動脈や右椎骨動脈の血流が常に温存される。また左腋窩動脈のシャント中には、左椎骨動脈系の血流が維持されている。このシャント回路を交互に利用して脳血流を維持しつつ、弓部3分枝のバイパスを完成させた。

結果は、2012年から2018年までの間に、K-circuit法を用いて total debranching TEVAR を施行したハイリスク症例は6例であった。手術死亡はなく、脳合併症の発生もなかったが、1例に不全対麻痺の発生を認めた。

total debranching TEVAR 施行時の K-circuit 法を用いた脳保護法は、複雑な手術器具を必要とせず、回路として単純であり、有効な脳保護効果を持ち、脳合併症発生を軽減する可能性が示唆された。

## 緒言

胸部大動脈ステントグラフト内挿術(TEVAR)は、低侵襲性が広く認知され、胸部大動脈瘤に対する治療手段として paradigm shift を起こした。しかし大動脈瘤が弓部大動脈に近接して存在する場合には TEVAR のみでは、中枢側 landing zone が弓部分枝にかかり脳血流を維持できない。本来であれば弓部大動脈置換術の適応となるが、これに耐術出来ないようなハイリスクな症例に対しては、上行大動脈に inflow をとり、弓部3分枝にバイパスをおく total debranching TEVAR 法が行われるようになった。本法では、人工心肺や低体温循環停止などの手技は不要で低侵襲であるが、脳合併症の頻度は意外に高く<sup>1-4)</sup>、常温下で行う弓部分枝の吻合時には、より積極的な脳保護対策が重要ではないかと考えられた。

total debranching TEVAR 施行時に、バイパス用の人工血管側枝を利用して腋窩動脈へのシャント回路を作成し、可能な限り脳血流を維持した状態での操作を行う、当科で考案した K-circuit 法について報告する。

## 対象

2012年から2018年までの間に、術前にハイリスク症例と判断された弓部大動脈瘤5例(72～83歳、男性2例、

女性3例)、急性B型大動脈解離1例(91歳、男性)に、K-circuit法を用いた total debranching TEVAR を施行した。

## 手術手技

1. K-circuit用に、左右の鎖骨下に皮膚切開を置き、両側の腋窩動脈を剥離露出しテーピングする。次に胸骨正中切開を行い、心膜を切開し、上行大動脈、弓部分枝をすべてテーピングする。手術中は In Vivo Optical Spectroscopy (INVOS®) を使用して継続的に脳血流モニタリングを行った。
2. 左鎖骨下動脈は胸腔内での再建は難しく、左腋窩動脈へのバイパスを行う。ヘパリン投与後に、左腋窩動脈を遮断し、小口径の人工血管を吻合し、人工血管は肋間を通し左胸腔経由で心嚢内へ誘導する。
3. 上行大動脈の性状をエコーで確認したのち、ペーシングレート200のラピッドペーシング下に上行大動脈を部分遮断し、約20mmの吻合口を作成し、バイパス用の3分枝人工血管を側側吻合する(図1)。
4. 右腋窩動脈に purse string suture をかけ14Fr.あるいは16Fr.の送血管を挿入し、上行大動脈に吻合した人工血管の尾側の側枝と接続する(図2)。
5. 次に腕頭動脈を遮断し、腕頭動脈へのバイパスを完

図1 バイパス用3分枝人工血管の上行大動脈への側側吻合

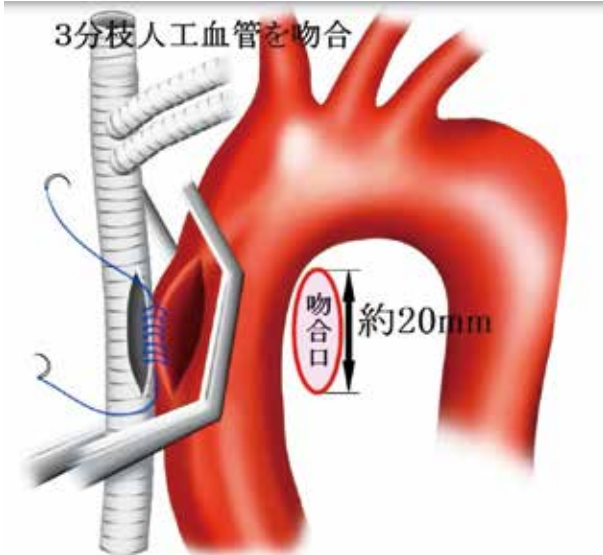


図2 右腋窩動脈へのシャント回路. 腕頭動脈遮断後, シャント回路を経由し右腋窩動

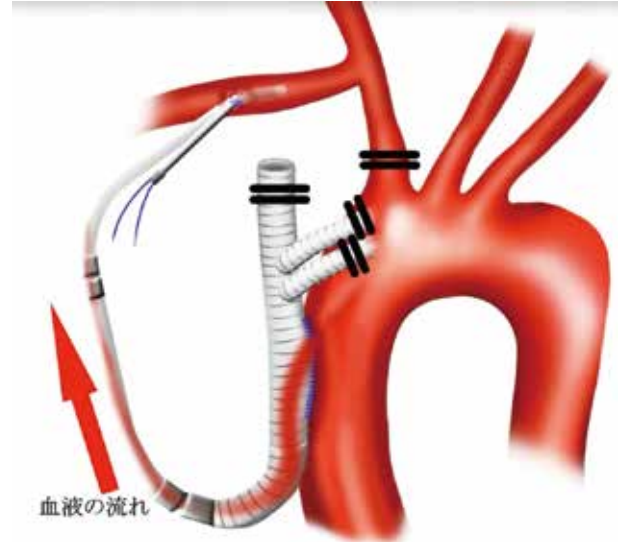
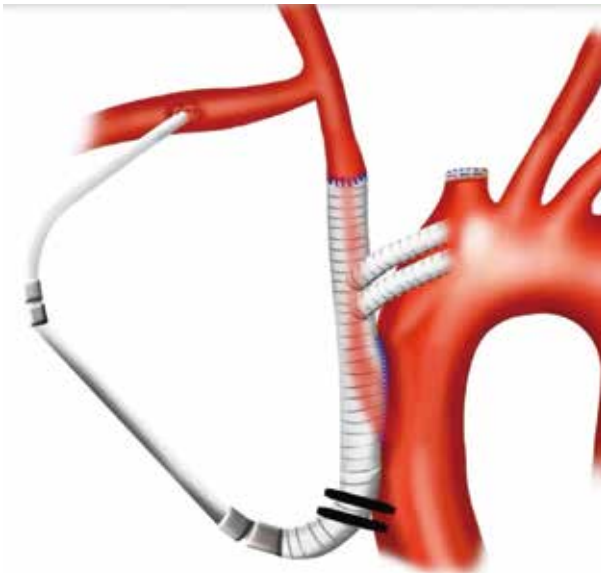


図3 腕頭動脈へのバイパス吻合終了. シャント回路閉鎖.



成させる。この間このシャント回路を介して、右総頸動脈および右椎骨動脈の血流が維持されることになる。腕頭動脈のバイパス完成後は、シャント回路を遮断すれば、人工血管を介して腕頭動脈への血流が再開されることになる（図3）。

6. 左総頸動脈遮断前に、上行大動脈に吻合した人工血管の尾側と左腋窩動脈に吻合した別の人工血管とを接続し、その後左鎖骨下動脈起始部を結紮する。シャント回路により左椎骨動脈系の血流は温存される。その後左総頸動脈を遮断し、INVOSの低下があればシャント挿入し、左総頸動脈の血流を維持しながら吻合する（図4）。INVOSの低下がなければそのままバイパス用の人工血管の第一分枝と吻合し再灌流する。
7. 最後に、左腋窩動脈に吻合しておいた人工血管とバイパス用の人工血管の第2分枝を吻合する。（図5）
8. 全てのバイパス吻合完成後に、バイパス用人工血管の尾側側枝を利用して、透視下にステントグラフトを挿入し手技を終了する。

## 結果

K-circuitを用いたtotal debranch TEVARを施行した6例のうち、手術死亡はなく、脳合併症の発生もなかったが、1例（弓部大動脈瘤、72歳、男性）に不全対麻痺の発生を認めた。

これはステントグラフトの挿入長が長すぎたため、肋間動脈を多数閉塞したことで脊髄への血流低下をきたしたものと推測された。

## 考察

解剖学的に単独でのTEVARの適応外であり、人工心肺の使用、低体温循環停止、脳灌流など高侵襲な治療に耐えられないと判断されるハイリスク症例に対しtotal debranching TEVARが考案された<sup>2)</sup>。常温、心拍動下に弓部3分枝へバイパスを置き、引き続きTEVARを行うというシンプルな手技に思えたが、諸家の報告では手術死亡率は5~29.6%と高かった<sup>1,4)</sup>。これは患者背景がハイリスク症例であったためと推測されるが、さらに脳合併症の発生頻度が5~18%と開きはあるもの予想外に高かった<sup>1,4)</sup>。この原因として高度な動脈硬化を伴う症例が多く、上行大動脈の部分遮断や、各弓部分枝の遮断、吻合の際に塞栓症を起こした可能性があげられる。当科では上行大動脈の部分遮断時には、頸動脈圧迫のほか、経カテーテル大動脈弁留置術（TAVI）の手技に基づきラピッドペーシングを行い、脳塞栓のリスクを減少させている。またK-circuitを用いることで、シャント回路からの血流がカウンターフローとなり弓部分枝遮断時に塞栓子が末

図4 左腋窩動脈へのシャント回路。  
左総頸動脈へのバイパス吻合操作。

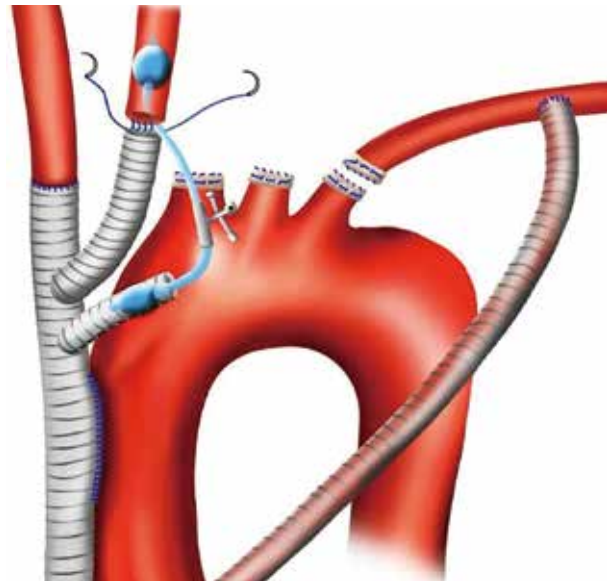
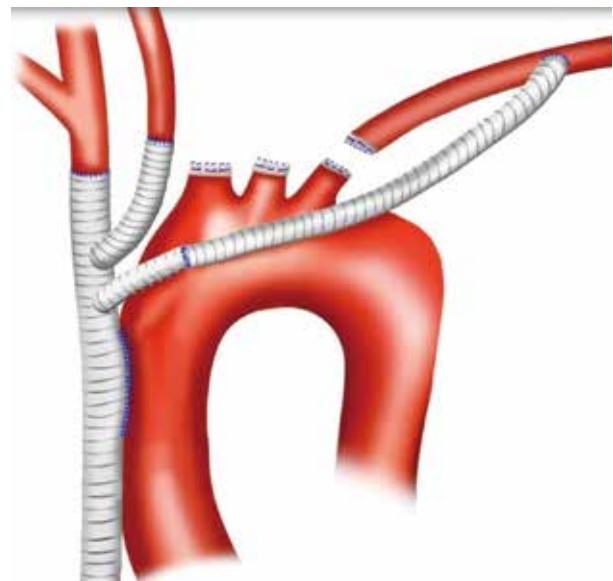


図5 左腋窩動脈のバイパス完成。



梢へ飛散することを防止している可能性も示唆された。

本法では、右腋窩動脈へのシャントを用いることで、腕頭動脈吻合操作中の右総頸動脈や右椎骨動脈への血流は常に温存される。また左腋窩動脈のシャントは、左椎骨動脈系の血流を確保し、脳・脊髄保護に貢献している可能性が示唆されるとともに、Willis動脈輪を介して左総頸動脈再建時の左脳半球の血流保持にも貢献しているとも考えられた。しかし、K-circuit法を用いた症例が少なく、弓部大動脈置換術などとの比較を行っていないので確固たる結論は出せないため、今後の検討が必要である。

図6 Total debranchの完成.



arch replacement. *Ann Cardiothorac Surg* 2018;7(3): 372-379.

- 4) Narita H, Komori K, Usui A, et al. Postoperative Outcomes of Hybrid Repair in the Treatment of Aortic Arch Aneurysms. *Ann Vasc Surg* 2016;34:55-61.

## 結語

Total debranching TEVAR施行時のK-circuit法を用いた脳保護法は、複雑な手術器具を必要とせず、回路として単純であり、有効な脳保護効果を持ち、脳合併症発生を軽減する可能性が示唆された。

## 利益相反

当論文の記載にあたり、開示すべき利益相反はない。

## 文献

- 1) Bavaria J, Vallabhajosyula P, Moeller P, Szeto W, Desai N, Pochettino A. Hybrid approaches in the treatment of aortic arch aneurysms: Postoperative and midterm outcomes. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 2013;145(3): S85-S90.
- 2) Andersen ND, Williams JB, Hanna JM, Shah AA, McCann RL, Hughes GC. Results with an Algorithmic Approach to Hybrid Repair of the Aortic Arch. *J Vasc Surg* 2013; 57(3): 655-667.
- 3) Preventza O, Tan CW, Orozco-Sevilla V, Euhus CJ, Coselli JS. Zone zero hybrid arch exclusion versus open total