手術ハイリスク患者に対する Debranching TEVAR の早期成績

柴田 豪, 檜山 耕平, 新垣 正美, 馬場 俊雄, 馬渡 徹, 森下 清文

要 旨:【緒言】手術ハイリスク患者に対する debranching TEVAR の早期成績を分析した。【方法】133 例に debranching TEVAR を施行した。【結果】術後 30 日死亡率は 3.0%, type I エンドリークは 26% であった。【結語】Full sternotomy による total debranching の手術侵襲は高かった。そのため近年は surgeon-modified fenestration 法を導入した。(J Jpn Coll Angiol 2017; 57: 145–149)

Key words: debranch, TEVAR, hybrid, aortic arch, fenestration

受付: 2017 年 7 月 18 日 受理: 2017 年 9 月 1 日 公開: 2017 年 10 月 10 日

序 言

弓部大動脈瘤に対する標準的治療はいまだ人工血管置換術であるが、手術リスクの高い患者に対してはある一定の死亡率、合併症が予想される。我が国でも高齢化が進み、手術リスクの高い患者への対応が期待されている。

胸部ステントグラフト (TEVAR) は低侵襲治療として 2008 年に我が国でも保険収載されたが、弓部動脈瘤の場合、弓部分枝の血流確保が必要になる。弓部分枝の血流確保には chimney 法や Najuta による custom-made graft があるが、それぞれガターエンドリークの懸念¹⁾、高いエンドリーク発生率²⁾ から当科では一貫として debranching 法で行ってきた。過去に debranching 法の報告はあるが、症例数はいずれも 50 例程度と少ない³⁻⁶⁾。当科で施行した debranching 法が 100 例を超え、ある程度纏まった症例数を経験したのでその早期成績を報告する。

対象と方法

本研究は市立函館病院倫理委員会で承認をされており、手術に関しては患者に十分な同意の上施行している。

2008 年 5 月から 2016 年 10 月末までに施行した debranching TEVAR 133 例 (男性 105 例, 女性 28 例) を対象とした。なお同期間に開胸による人工血管置換を 261 例施行している。平均年齢は 74 ± 10 歳であった。当科での debranching TEVAR の適応は 75 歳以上または Japan

score が 15% 以上の症例とした。70 歳未満または Japan score が 5% 未満の場合は人工血管置換術を選択した。そのどちらの要件も満たさない場合の術式は併存症、患者の希望などを勘案し、術者が判断した⁷⁾。12 例の破裂症例を含み、平均大動脈瘤径は 57 ± 17 mm であった。術前の平均 Japan score は $16 \pm 17\%$ であった (Table 1)。

Debranching の内訳は 1 debranching が 71 例, 2 debranching が 30 例, total debranching (TD) が 29 例, extra-thoracic

Table 1 Patient demographics

1 debranching	
Complication	N=71
Access site injury	3 (4%)
Spinal cord ischemia	2 (3%)
Stroke	2 (3%)
Acute pancreatitis	1 (1%)
2 debranching	
Complication	N=30
Access site injury	1 (3%)
Stanford type B aortic dissection	1 (3%)
Multiple organ failure	1 (3%)
Total debranching	
Complication	N=29
Respiratory failure	4 (14%)
Stroke	3 (10%)
Aortic rupture	1 (3%)
Infectious mediastinitis	1 (3%)
Coronary vasospasm	1 (3%)
Stanford type A aortic dissection	1 (3%)

市立函館病院心臓血管外科

doi: 10.7133/jca.17-00017

debranching⁸⁾ が3例であった。そのうち13例でsurgeon-modified fenestration (SMF)を施行した。1 debranchingではcarotid-subclavian bypassが欧米で一般的であるが、頸部分枝を操作することで生じる脳梗塞や頸動脈解離の可能性を危惧し、当施設はaxilo-axilo bypassを用いている。また同様の理由で2 debranchingに関してもaxilo-axilo-subclavian bypassを選択し右の総頸動脈を操作しない術式を選択している。しかもY字型人工血管を用いることによりcarotid-carotid+carotid-subclavian bypassに比べ吻合箇所を4カ所から3カ所に減少させ手術手技の簡略化を図っている。TD法は開胸による術後の呼吸機能障害を予防する目的で後半の症例では専ら逆L字型の胸骨小切開法を用いた。その数はTD 29例中18例であった。中枢吻合部は胸骨閉鎖による人工血管の屈曲が受けづらいようend to end吻合で行っている⁹⁾。SMF法の開窓は術中に行った。ステントグラフト留置の際、前後方向への調整は容易であるが、回転による調整が困難であることから回転方向には開窓部を広めに開けている。ステントグラフトの開窓にはエレクトロコーテリーを用いた。開窓後は位置確認マーカーを縫着させ血管テープの使用下にグラフトを折りたたみシース内への再収納を行っている。

中枢landingが予定される大動脈壁に粥状変化がある場合は近傍の弓部分枝への塞栓症を回避する目的でdebranching法により中枢のより健常な部位に弓分枝の流入口を移動させている (isolation technique)。ただし弓部分枝全体におよぶshaggy aorta症例は基本的に適応外としている。

44例においてdebranching法とTEVARを二期的に施行した。内訳は1 debranchingが22例、2 debranchingが10例、TDが11例、extra-thoracic debranchingが1例であった。手術時間の延長で合併症の増加が予想される高齢者(80歳以上)もしくは合併症が重篤(Japan score 20%以上)な場合は術者の判断で二期的施行とした。ただし経験の蓄積により手術時間が短縮してきたことから1 debranchingは最近、一期的に施行している。

TEVARの中枢側留置部位はzone0が33例(TD 20例、extra-thoracic debranching 3例、2 debranching+SMF 9例、Najuta使用した1 debranching 1例)、zone 1が31例(TD 7例、2 debranching 20例、1 debranching+SMF 4例)、zone2が70例(TD 3例、2 debranching 1例、1 debranching 66例)であった。Zone 1 landingでのTD 7例、zone 2 landingでの2 debranching 1例はisolation techniqueにより弓部分枝流入部をより中枢の健常部に移行させる目的でdebranchingを施行した症例である。Zone 2 landingでのTD 2例は、弓

部大動脈を越え上行大動脈にステントグラフトの先を進めようとした際に、腕頭動脈近傍でチップの先端が大動脈外に突き出たためやむなくzone 2に留置した症例と、ステントグラフト展開時に末梢側へ移動した症例であった。ちなみに使用したステントグラフトは前者がTALENTで、後者はTAGである。

使用したデバイスはTAGが51例、Valiantが41例、TX2が29例、Relayが4例、TALENTが3例、Najutaが1例、自家製が5例であった。5例では複数のデバイス(TAGとTALENTが4例、ValiantとTX2が1例)を組み合わせて使用した。

統計学的検定には χ^2 検定、Mann-WhitneyのU検定、Kruskal-Wallisの検定を用いた。生存曲線はKaplan-Meier法を用いた。連続変数はすべて平均値±標準偏差で表し、 $p<0.05$ を有意差ありと判定した。

結 果

術後30日以内の死亡を4例(3.0%)に認めた。死因は遅発性の逆行性A型大動脈解離によるTD中枢吻合部の縫合不全による出血死が1例、術中ステントグラフト挿入に伴う急性B型大動脈解離による腹部臓器還流障害が1例、アクセス損傷による出血死が1例、破裂例の術後多臓器不全が1例であった。

術後合併症は脳梗塞5例(TIA除く、有症候性のみ)(3.8%)、術後72時間以上の機械呼吸管理が必要な呼吸不全が5例(3.8%)、アクセス損傷4例(3.0%)、対麻痺2例(1.5%)であった(Table 2)。呼吸不全は4例(13.7%)がTD症例(全29例)で、他のdebranching手技(全104例)の呼吸不全1例(1.0%)に比べ有意に多かった($p<0.01$)。アクセス損傷は総大腿動脈損傷が1例、外腸骨動脈損傷が3例であった。外腸骨動脈損傷の1例はステントグラフト脚の追加で修復したが、残り3例は人工血管置換で修復した。対麻痺は2例とも術翌日に発

Table 2 Complications

Demographic	1 debranching	2 debranching	Total debranching
Age	74±17	72±17	73±17
Sex (M/F)	60/11	22/8	21/8
Etiology			
Non dissection	66 (93%)	29 (97%)	28 (97%)
Dissection	5 (7%)	1 (3%)	1 (3%)
Rupture	4 (6%)	3 (10%)	3 (10%)
Japan score	16±15	16±16	17±17

症した遅発性である。うち1例は左下肢麻痺・感覚障害の不全対麻痺でspinal drainageを追加施行した。左下肢はMMT2程度まで改善し術29日目に転院となった。もう一例は発症後ナロキソン投与開始、昇圧指示にて経過観察となったが、対麻痺は大きな改善なく術後25日目にリハビリ目的に転院となった。

一期的に手術した症例における出血量 (2120 ± 982 (mL) 対 713 ± 1078 (mL)), 入院日数 (34 ± 30 (日) 対 15 ± 10 (日)), 手術時間 (333 ± 42 (分) 対 235 ± 88 (分)) に関してはTD群がその他のdebranching症例と比べ不良であった ($p < 0.05$)。そのため低肺機能患者や80歳以上の高齢者などfull sternotomyが負担となりそうな手術ハイリスクの症例は、胸骨小切開法もしくはdebranchingに加えSMFを取り入れ負担の軽減を図った。full sternotomy, 胸骨小切開法, debranching+SMFで比べるとそれぞれの出血量は (2274 ± 706 (mL) 対 1833 ± 932 (mL) 対 450 ± 428 (mL)), 入院日数は (38 ± 34 (日) 対 33 ± 26 (日) 対 10 ± 7 (日)), 手術時間は (339 ± 58 (分) 対 326 ± 33 (分) 対 254 ± 22 (分)) であったが、術式間に統計学的な有意差は認めなかった。

術直後のtype Iエンドリークを34例 (26%) に認めた。2014年5月までに施行した100例の解剖学的検討では、エンドリークが続いた症例の中枢ネック長は 21 ± 9 (mm), 経過観察の途中で消失した症例の長さは 26 ± 9 (mm), 全経過中でエンドリークを認めなかった症例の長さは 36 ± 10 (mm) と3群間で有意差を認めた ($p < 0.05$)。

この結果を受けて2014年6月以降の症例では中枢ネック長を35 mm以上取ることを目標とした⁴⁾。また可能な限りTDを施行することは避け、2 debranchingとSMFの組み合わせで対応することにした。2014年5月以前の術直後のtype Iエンドリークは100例中30例 (30%) に認めたが、2014年6月以降は33例中4例 (12%) と減少した ($p < 0.05$)。SMF症例では術後呼吸不全を認めず、エ

ンドリークもtype Ibを1例 (7%) に認めるのみであった。

1年生存率は $85 \pm 4\%$, 3年生存率は $69 \pm 6\%$, 5年生存率は $50 \pm 11\%$ であった (Fig. 1)。

考 察

術後30日以内死亡3.0%は、弓部人工血管置換施行時の術前予想死亡率であるJapan score 16%に比べ明らかに低値であった。Debranching TEVARは手術ハイリスク患者において有望な選択枝の一つと成りえる。Manuelらによると、ハイボリュームセンターにおける弓部人工血管置換術の早期死亡率は5%程度で¹⁰⁾、通常の施設では15%から40%と言われている¹¹⁾。一方debranching TEVARの成績は早期死亡率6.5%から10%で^{3, 12, 13)}、対象を手術ハイリスクに絞った場合は23.7%¹⁴⁾と報告されている。当施設におけるdebranching TEVARの成績はそれらと比較しても同等以上であった。従って手術ハイリスク患者においてdebranching TEVARを第一選択とするというわれわれの方針は妥当であったと言えよう¹¹⁾。

一方で、debranching TEVARの課題は中枢神経系合併症の予防と遠隔成績の改善であろう。

中枢神経系合併症はdebranching TEVARでとくに注意すべき合併症である。ハイボリュームセンターにおける弓部人工血管置換術の脳梗塞発症率は3.4~10.3%^{10, 15-17)}、過去のdebranching TEVARでの報告では0~17.2%⁴⁻⁶⁾であり、当科の4%は許容できる成績であった。Feezorらの研究によると、Zone 0-2にステントグラフト留置した症例はZone 3-4に比べ有意に脳梗塞発症が多かった¹⁸⁾。とくに弓部大動脈のshaggy aortaはハイリスクと考えられる。われわれは脳梗塞予防のため積極的にisolation technique, また頸動脈再建時はシャントチューブで血流を維持しながら性状の良い結果に吻合するように努めている。しかしカテーテル操作に伴う塞栓症発生の危険性は常につきまとうことから腕頭動脈を巻き込むshaggy aorta症例は適応外と考えている。

エンドリーク発生率と中枢ネック長の長さは大きく関与している^{2, 19)}。われわれも以前の研究でエンドリークの予防のためには中枢ネック長が35 mm以上必要なことを明らかにした⁷⁾。2014年6月以降の症例では中枢ネック長35 mm以上取ることを基本方針としエンドリークの発生率を下げることに成功した。

Debranching TEVARの術式でTDは他のdebranchingと比べ侵襲が大きかった。とくに呼吸不全の発生率は高く14%にも及んだ。Ferreroらの報告では、full sternotomyでのTDにおける術後呼吸不全の合併症は11.1%であった⁴⁾。

Survival curves

Figure 1 Actual survival curves

Figure 2 A surgeon-modified endovascular graft preparation

Figure 3 Postoperative CT angiography of surgeon-modified fenestration with debranching TEVAR

開胸手技は少なからず術後の呼吸機能に影響を与えるため、ハイリスク症例における負担は大きかったのであろう。われわれはこの合併症を減少させるため低肺機能患者や80歳以上の高齢者などfull sternotomyが負担となりそうな症例に対しては胸骨小切開法もしくはdebranchingに加えSMFを取り入れ負担軽減を図った。いまだ症例数が少なく統計学的な有意差は認めなかったが、手術時間、出血量、入院期間などでfull sternotomyによるTDに比べ良好な傾向にあるため今後もこの方針を継続する予定である²⁰⁾。

SMFによる術式の低侵襲化は緊急症例でとくにその恩恵は大きいと思われる²¹⁻²⁴⁾。一方でfenestrationの作成やステントグラフトの留置にはいくつかのコツが必要である。ステントグラフトを弓部大動脈の前後方向に調整することは容易であるが、回転させることが難しいため開窓は両側面に広げるようにしている (Fig. 2)。この工夫により対象血管の開鎖を予防できるが、一方でradial

forceの低下を招きエンドリークを増加させる懸念が広がる。栗本らの報告によると、Najuta使用によるTEVARで32%のtype Iエンドリークが発生したとある²⁾。これは複数の開窓によるradial forceの低下が招いた可能性がある。当科ではdebranchingを組み合わせ一つの開窓に限ることで、radial forceの低下を抑えエンドリークの減少を図っている。また2 debranchingと組み合わせたzone 0留置症例では、開窓のターゲット血管である腕頭動脈に脳循環が唯一依存している (Fig. 3)。従って閉塞時のリスクマネジメントとして開窓を大きくするだけではなくwire protectionやchimneyの準備を常に心掛ける必要がある。

結 論

Debranching TEVARは手術リスクの高い症例に早期死亡率を低下させる点でとくに有用な方法であった。しかしTD法の手術侵襲は大きかった。またtype Iエンドリークは中枢ネック長の長さに関連があった。以上の結果からpartial debranching法の低侵襲性を活かしながら中枢landing zoneの距離をかせぐというSMF法を開始した。手術出血量、手術時間、入院日数、エンドリーク発生率が良好であることから今後も継続していく予定である。

利益相反

共著者全員に利益相反はない。

付 記

第55回脈管学会 (2014年, 倉敷) にて発表した。

文 献

- 1) Banno H, Cochenne F, Marzelle J, et al: Comparison of fenestrated endovascular aneurysm repair and chimney graft techniques for pararenal aortic aneurysm. *J Vasc Surg* 2014; **60**: 31-39
- 2) Kurimoto Y, Maruyama R, Ujihira K, et al: Thoracic endovascular aortic repair for challenging aortic arch disease using fenestrated stent grafts from zone 0. *Ann Thorac Surg* 2015; **100**: 24-33; discussion, 32-33
- 3) Kotelis D, Geisbusch P, Attigah N, et al: Total vs hemi-aortic arch transposition for hybrid aortic arch repair. *J Vasc Surg* 2011; **54**: 1182-1186.e2
- 4) Ferrero E, Ferri M, Viazzo A, et al: Is total debranching a safe procedure for extensive aortic-arch disease?: a single experience of 27 cases. *Eur J Cardiothorac Surg* 2012; **41**: 177-182
- 5) Clough RE, Lotfi S, Powell J, et al: Hybrid aortic arch repair. *Ann Cardiothorac Surg* 2013; **2**: 300-302

- 6) Preventza O, Bakaeen FG, Cervera RD, et al: Deployment of proximal thoracic endograft in zone 0 of the ascending aorta: treatment options and early outcomes for aortic arch aneurysm in a high-risk population. *Eur J Cardiothorac Surg* 2013; **44**: 446–452; discussion, 452–453
- 7) 森下清文, 柴田 豪, 佐賀俊文, 他: Debranchingを併用した胸部ステントグラフト留置術の中期遠隔気成績. *日血外会誌* 2013; **22**: 609–613
- 8) Morishita K, Kuroda Y, Uehara M, et al: Endovascular repair of a proximal aortic arch aneurysm with extrathoracic debranching. *J Vasc Surg* 2012; **56**: 508
- 9) 氏平功祐, 森下清文, 柴田 豪, 他: 胸骨正中小切開によるtotal debranching胸部大動脈ステントグラフト治療 (TEVAR). *胸部外科* 2013; **66**: 990–995
- 10) Settepani F, Cappai A, Basciu A, et al: Outcome of open total arch replacement in the modern era. *J Vasc Surg* 2016; **63**: 537–545
- 11) Manuel AP, José MLC, José ACM, et al: Debranching aortic surgery. *J Thorac Dis* 2017; **9** Suppl 6: S465–S477
- 12) Lotfi S, Clough RE, Ali T, et al: Hybrid repair of complex thoracic aortic arch pathology: long-term outcomes of extra-anatomic bypass grafting of the supra-aortic Trunk. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2013; **36**: 46–55
- 13) De Rango P, Ferrer C, Coscarella C, et al: Contemporary comparison of aortic arch repair by endovascular and open surgical reconstructions. *J Vasc Surg* 2015; **61**: 339–346
- 14) Vallejo N, Rodriguez-Lopez JA, Heidari P, et al: Hybrid repair of thoracic aortic lesions for zone 0 and 1 in highrisk patients. *J Vasc Surg* 2012; **55**: 318–325
- 15) Okada K, Omura A, Kano H, et al: Recent advancements of total aortic arch replacement. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2012; **144**: 139–145
- 16) Oda T, Minatoya K, Sasaki H, et al: Is conventional open repair still a good option for aortic arch aneurysm in patients of advanced age? *Ann Thorac Surg* 2016; **101**: 80–86
- 17) Iba Y, Minatoya K, Matsuda H, et al: Contemporary open aortic arch repair with selective cerebral perfusion in the era of endovascular aortic repair. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2013; **145** Suppl: S72–S77
- 18) Feezor RJ, Martin TD, Hess PJ, et al: Risk factors for perioperative stroke during thoracic endovascular aortic repairs (TEVAR). *J Endovasc Ther* 2007; **14**: 568–573
- 19) Lee CJ, Rodriguez HE, Kibbe MR, et al: Secondary interventions after elective thoracic endovascular aortic repair for degenerative aneurysms. *J Vasc Surg* 2013; **57**: 1269–1274
- 20) 森下清文, 佐賀俊文, 檜山耕平, 他: ハイブリッド弓部大動脈ステントグラフト留置術—Total debranching vs partial debranchingの比較—. *日血外会誌* 2014; **23**: 695–699
- 21) Ricotta JJ 2nd, Tsilimparis N: Surgeon-modified fenestrated-branched stent grafts to treat emergently ruptured and symptomatic complex aortic aneurysms in high-risk patients. *J Vasc Surg* 2012; **56**: 1535–1543
- 22) Miyata H, Tomotaki A, Motomura N, et al: Operative mortality and complication risk model for all major cardiovascular operations in Japan. *Ann Thorac Surg* 2015; **99**: 130–139
- 23) Stanes BW: Physician-modified endovascular grafts for the treatment of elective, symptomatic, or ruptured juxtarenal aortic aneurysms. *J Vasc Surg* 2012; **56**: 601–607
- 24) Canaud L, Baba T, Gandet T, et al: Physician modified thoracic stent-grafts for the treatment of aortic arch lesions. *J Endovasc Ther* 2017; **24**: 542–548

Early Results of Debranching TEVAR for High-surgical-risk Patients

Tsuyoshi Shibata, Kohei Narayama, Masami Shingaki, Toshio Baba,
Toru Mawatari, and Kiyofumi Morishita

Department of Cardiovascular Surgery, Hakodate Municipal Hospital, Hokkaido, Japan

Key words: debranch, TEVAR, hybrid, aortic arch, fenestration

Objectives: To analyze early-term outcome of debranching TEVAR for high-surgical-risk patients. **Methods:** 133 patients underwent debranching TEVAR. **Results:** The 30-day mortality was 3.0%. Post-operative endoleaks were observed in 26% of patients. **Conclusion:** Total debranching technique by full sternotomy was more invasive than others. Therefore, recently we started surgeon-modified fenestration technique.

(*J Jpn Coll Angiol* 2017; **57**: 145–149)

Online publication October 10, 2017