

逆行性脳灌流法を用いた弓部大動脈全置換術の検討

——術式の変遷と治療成績——

長 沼 宏 邦

東京慈恵会医科大学心臓外科学講座
(指導: 橋本和弘教授)

(受付 平成19年6月15日)

RETROGRADE CEREBRAL PERFUSION FOR AORTIC ARCH SURGERY

Hirokuni NAGANUMA

Department of Cardiac Surgery, The Jikei University School of Medicine

To evaluate the effectiveness of retrograde cerebral perfusion during aortic arch surgery, 33 patients were reviewed. Eleven patients underwent the distal-first technique with retrograde systemic perfusion (August 1993 through April 1999: group I), 12 underwent the arch-first technique with retrograde systemic perfusion (May 1999 through February 2003: group II), and 10 underwent the arch-first technique with antegrade systemic perfusion (March 2003 through December 2006: group III). The mean duration of retrograde cerebral perfusion via the superior vena cava was significantly shorter in group II (45 ± 14 minutes) and group III (38 ± 7 minutes) than in group I (82 ± 25 minutes). Neurologic dysfunction was noted in 2 patients (18%) of group I and in 2 patients (17%) of group II but in no patients of group III. Three patients (27%) of group I, 2 patients (16%) of group II, but no patients of group III died during hospitalization. The arch-first technique reduces cerebral ischemic time during retrograde cerebral perfusion and allows antegrade cerebral perfusion to be re-established earlier without downstream organ ischemia. Furthermore, antegrade systemic perfusion via the axillary artery or ascending aorta avoids the risks of malperfusion and thromboembolism associated with retrograde perfusion. These techniques can reduce the incidence of neurologic dysfunction and improve outcomes.

(Tokyo Jikeikai Medical Journal 2007; 122: 195-200)

Key words: aortic surgery, retrograde cerebral perfusion, antegrade systemic perfusion

I. 緒 言

弓部大動脈全置換手術では弓部分枝の再建が必須であり、再建操作中の脳保護が重要である。通常、脳保護法には脳分離体外循環法(selective cerebral perfusion: SCP)、低体温循環停止法(hypothermic circulatory arrest: HCA)、逆行性脳灌流法(retrograde cerebral perfusion: RCP)があり、これらの優劣に関しては、多数論じられてきた¹⁾⁻⁵⁾。SCPは、手技が比較的容易で時間

的制約もなく汎用されている反面、術野の回路が煩雑である、解離や動脈硬化などにより脆弱となった弓部分枝に直接カニューレを挿入しなければならぬといった問題点がある⁴⁾。一方、HCAは手技が簡便であるが、脳虚血時間の制約があり、文献的にも脳合併症の頻度が高い²⁾³⁾。RCPは、SCPに比べて、人工心肺回路がシンプルで、病的な弓部分枝への操作がないという利点がある反面、脳を上大静脈側から逆行性に灌流するため静脈弁の存在が問題となり、また、脳虚血許容時間

自体がいまだ明らかではない²⁾。

このように、全弓部置換手術における脳保護法に関しては、いまだ議論の余地があるが、われわれは病的な弓部分枝を操作しない、手技が比較的簡便であるという RCP の利点を重視し、過去 13 年間、一貫して RCP を用い、脳合併症、および解離症例における灌流障害 (偽腔灌流: malperfusion) や真性瘤における塞栓症を回避すべく、手技の変更を加えてきた⁶⁾。具体的には、1. 脳合併症を回避するため、RCP 下での脳虚血時間を短縮する、2. 大腿動脈からの逆行性送血に伴う、灌流障害の回避 (解離症例) と病的動脈内のデブリス飛散による脳塞栓症 (真性瘤症例) を回避する、ことに重点をおいた。脳虚血時間短縮のためには、大動脈末梢側吻合を先行する方法 (distal first technique) から弓部分枝再建を先行させる方法 (arch-first technique)⁷⁾ へと術式を改良した。さらに、灌流障害/塞栓症の回避に関しては、腋窩動脈や上行大動脈からの順行性送血による体外循環法を採用した。これらの手術手技の変遷と成績について文献的考察を加え報告する。

II. 対象と方法

1. 対象

1993 年 8 月以降に富士市立中央病院および東京慈恵会医科大学附属柏病院において施行された胸部大動脈瘤手術 125 例中、全弓部置換手術を行った 33 例を対象とした。男性 18 例、女性 15 例、年齢は 34-78 歳であった。これらの症例を術式に改良を加えた年次別に以下の 3 群に分類し、比較検討した (Table 1, 2)。

I 群: Distal first technique+大腿動脈送血。期間 1993 年 8 月-1999 年 4 月。大腿動脈からの逆行性送血で、大動脈末梢側吻合を先行する方法 (distal first technique) を用いた 11 症例 (大動脈解離 9 例、真性瘤 2 例)。

II 群: Arch first technique+大腿動脈送血。期間 1999 年 5 月-2003 年 2 月。大腿動脈からの逆行性送血で、弓部分枝再建を先行する方法 (arch-first technique) を用いた 12 症例 (大動脈解離 9 例、真性瘤 3 例)。

III 群: Arch first technique+順行性送血。期間 2003 年 3 月-2006 年 12 月。順行性送血 (右腋

Table 1. Term & operative method

| Group | Term | Operative technique | Extracorporeal circulation | Brain protection |
|-------|------------|---------------------|--|-------------------------------|
| I | 93.8~99.4 | Distal first | Retrograde (Femoral A.) | Retrograde Cerebral Perfusion |
| II | 99.5~03.2 | Arch first | Retrograde (Femoral A.) | Retrograde Cerebral Perfusion |
| III | 03.3~06.12 | Arch first | Antegrade (Axillary A. or ascending Aorta) | Retrograde Cerebral Perfusion |

Table 2. Pre-operative patient characteristics

| Group | n | Men/Women | Age (yr) | AD*/True** | Preoperative malperfusion | Preoperative cerebral complication |
|-------|----|-----------|----------|------------|--------------------------------|------------------------------------|
| I | 11 | 5/6 | 61±10 | 9/2 | 3 (27%) (cerebral, renal, leg) | 2 (18.1%) |
| II | 12 | 8/4 | 60±12 | 9/3 | 1 (8.3%) (leg) | 2 (16.7%) |
| III | 10 | 5/5 | 60±9 | 7/3 | 0 (0%) | 0 (0%) |

AD*: Aortic dissection

True**: True aneurysm

窩動脈送血あるいは上行大動脈) + 大腿動脈送血を主体とし、arch-first technique を用いた 10 例 (大動脈解離 7 例, 真性瘤 3 例)。

2. 手術方法

全身麻酔中のモニターとして, 左右撓骨動脈圧, 右足背動脈圧, 中心静脈圧, 左内頸静脈圧, および経食道心エコーを用いた。全身麻酔導入後, I/II 群の逆行性送血群では, 大腿動脈を露出し, 8 mm 人工血管を吻合し, 送血路を確保した。III 群の順行性群においては, 右腋窩動脈を露出し, 8 mm 人工血管を吻合して主たる送血路を確保し (真性瘤で上行大動脈の性状のよい症例においては, 開胸後, 上行大動脈に直接カニューレを挿入した), 補助的に大腿動脈経由の送血路も確保した。

開胸は, 胸骨正中切開を行い, 上下大静脈よりの脱血, 左房-左室ベントで体外循環を確立し, 全身冷却を開始した。膀胱温 20°C で循環停止とした後, 上大静脈より逆行性脳灌流を開始した。灌流量は左内頸静脈圧 20 mmHg 以下を目標に行った。心筋保護は, 逆行性冠灌流用カニューレを冠状静脈洞に挿入し, 30 分ごとに I, II 群では晶質心筋保護液を, III 群では血液心筋保護液を逆行性に注入した。

再建は, I 群の Distal first technique では, RCP 下に, 大動脈弓部末梢側, 左鎖骨下動脈, 左総頸動脈, 腕頭動脈の順に吻合を行い, 再建終了後に人工血管側枝から脳および下半身への送血を再開し, 加温を開始しながら大動脈近位側吻合を行った。II, III 群の Arch first technique においては, RCP 下に, 弓部 3 分枝 (左鎖骨下動脈, 左総頸動脈, 腕頭動脈) の再建を先行し, 3 分枝再建がすべて終了後, 人工血管側枝から順行性に脳灌流を行いながら, 加温を開始し, 大動脈弓部末梢側, 中枢側の順に吻合を行った。脳への血流は撓骨動脈圧で 50 mmHg 以上を保つように流量を調節した。

人工血管は I 群では, 4 分枝付き人工血管 Hemashield Gold® (Boston Scientific, Natick, MA, USA), II 群では Hemashield Gold® を用いて antlers graft とよばれる自作の composite graft を術中に作成した⁹⁾。III 群では 4 分枝付き人工血管 Gelweave® (Vascetek/Terumo, Renfrewshire, Scotland) を使用した。いずれにおいて

Table 3. Operations

| | Group I | Group II | Group III |
|--------------------------------|---------|----------|-----------|
| Total arch replacement | 8 | 11 | 10 |
| + Bentall operation | 1 | | |
| + Descending aorta replacement | 2 | 1 | |
| + F-F bypass* | 1 | | |

F-F bypass*: femoro-femoral bypass

も末梢側吻合は, 内翻させた筒型の人工血管を下り大動脈に挿入し, 吻合した後, 内翻部を引き出して, 4 分枝付き人工血管本幹に人工血管-人工血管吻合を行い, その後体循環を再開した。

合併手術の有無等, 術式の詳細を Table 3 に示す。

3. 統計学的解析法

連続する数値は平均値±標準偏差として表し, 統計学的処理は分散分析法を用い, $p < 0.05$ 以下を統計学的有意とした。

III. 結 果

病院死亡は, I 群 3/11 例 (27%), II 群 2/12 例 (17%), III 群 0/10 例 (0%) で術式の変更とともに手術成績が向上した。RCP 時間は, I 群 51-123 分 (平均 82 ± 25 分), II 群 23-67 分 (平均 45 ± 14 分), III 群 23-67 分 (平均 38 ± 7 分) で, arch-first technique を導入した群 (II 群, III 群) は distal first technique を行った I 群と比較し, RCP 時間は有意に短縮した (I 群 vs. II 群 $p < 0.01$, I 群 vs. III 群 $p < 0.01$)。手術時間は, I 群 533 ± 143 分, II 群 457 ± 123 分, III 群 390 ± 75 分で, I 群と比較し, III 群において有意な手術時間の短縮を認めた ($p < 0.01$)。平均在院日数においても, I 群 86 ± 36 日, II 群 43 ± 32 日, III 群 23 ± 13 日と入院期間の短縮を認めた (I 群 vs. III 群, $p < 0.01$)。II 群と III 群間には標準偏差値が広く, 統計的有意差は認めなかった。

合併症に関して, 術後脳神経合併症は, I 群 2 例 (18%), II 群 2 例 (17%), III 群 0 例と発症率が低下した。急性大動脈解離症例における灌流障害の発生は, I 群 3/9 例 (33%), II 群 3/9 例 (33%),

Table 4. Intraoperative data and results

| Group | RCP time (min) | Operation time (min) | Hospital stay (day) | Cerebral complication | Malperfusion (Dissection cases) | Hospital death |
|-------|----------------|----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------------------|----------------|
| I | 82±25 | 533±143 | 86±36 | 2 (18%) | 3/9 (33%) | 3 (27%) |
| II | 45±14* | 457±123 | 43±32 | 2 (17%) | 3/9 (33%) | 2 (17%) |
| III | 38±7* | 390±76* | 23±13* | 0 (0%) | 0/6 (0%) | 0 (0%) |

RCP: retrograde cerebral perfusion (* $P < 0.01$ vs. group I)

Table 5. Hospital mortality, causes of mortality and morbidity

| | Group I (11) | Group II (12) | Group III (10) |
|----------------------------|--------------|---------------|----------------|
| Mortality <cause of death> | 3 | 2 | 0 |
| • Visceral ischemia | 2 | | |
| • Leg ischemia | | 1 | |
| • RV* rupture | 1 | | |
| • Bleeding | | 1 | |
| Morbidity (case) | 2 | 2 | 0 |
| • malperfusion | 1 | 2 | 0 |
| • Neurologic dysfunction | 2 | 2 | 0 |

RV*: Right ventricle

III群 0/6例(0%)で、逆行性送血を行ったI, II群では灌流障害の発生頻度が高かったが、順行性送血を行ったIII群では、発症率が低下した(Table 4)。

死因は、I群では右室破裂(1例)、腹部臓器虚血による多臓器不全(2例)、II群では下半身虚血によるMNMS(Myonephropathic metabolic syndrome)(1例)、再手術例の出血死(1例)であった。多臓器不全の2例とMNMS 1例はいずれも術前から存在した症例、もしくは術中生じた灌流障害が原因と考えられ、逆行性送血が発症に関与した可能性があった。解離症例において、I, II群全体で6/18例(33%)に灌流障害が生じており、このうち前述の3例を失い、救命した3例のうち2例に術後脳神経障害が発生した。これに対し、順行性送血を行ったIII群では、病院死亡、脳神経障害の発生は認めなかった(Table 5)。

IV. 考 察

弓部大動脈手術の適応となる症例は大別すると、急性(慢性)大動脈解離と真性弓部大動脈瘤である。両者の手術における共通の問題点は弓部分枝再建中の脳保護法であり¹⁾⁻⁵⁾、また、大腿動脈からの逆行性送血は、大動脈解離では周術期の灌流障害による臓器虚血を引き起こす危険がある¹⁰⁾⁻¹²⁾。また、真性瘤においては人工心肺の送血による瘤内部、もしくは病的動脈からのデブリスの飛散による塞栓症の問題がある¹¹⁾。本研究では、上記の問題点に対して、術中の脳保護法としてのRCP時間の問題、また順行性送血の導入という点に焦点をあて検討した。

弓部置換手術を行う際の脳保護手段としてSCP, HCA, RCPが用いられるが、RCPは生理的灌流であるSCPに対して、時間的制約があり、脳代謝に対して科学的根拠が希薄であるなど脳保護効果としては疑問視されてきた。しかし、2001年にReichらは、臨床・動物実験の成績からRCPに脳保護効果が認められることを報告した⁵⁾。また、回路が簡便で手術野の妨げとなるような余分なカニューレ類がない、デブリス空気の脳血管内への迷入を防げる、脆弱な血管に対しnon touchで操作が行えるなどの利点も多い²⁾⁴⁾。われわれは回路が簡便で手技がシンプルである、病的な弓部分枝を操作する必要がないといった利点を重視し、RCPによる脳保護を一貫して行ってきたが、問題となるRCP中の脳虚血時間の短縮をめざして、Rokkasら⁷⁾が、報告したarch-first technique(弓部分枝を先に再建する方法)を1999年5月(II群/III群)より導入した⁶⁾。この結果、distal first techniqueで手術を行ったI群と比較し、arch-first techniqueのII/III群では、RCP時間

は有意に短縮し、院内死亡率、術後脳神経合併症、術後在院日数において改善をみた。一方、弓部分枝再建を優先させた結果、下半身循環停止時間が延長したが、これに伴う対麻痺、臓器障害等の発症は認めていない。

大動脈解離の手術における予後不良因子のひとつに、周術期の灌流障害がある⁸⁾⁹⁾。今回の検討においても、I/II群における解離症例の死亡例のうち、腹部臓器虚血、下肢虚血といった逆行性送血による灌流障害と関連した症例が6/18例(33%)あり、うち3例を失い、救命した3例のうち2例に術後脳神経障害が発生した。解離症例における灌流障害の防止にくわえ、真性瘤においては、デブリスによる塞栓症を回避するうえでも、腋窩動脈、上行大動脈などからの順行性送血の有用性を述べた報告は多い¹⁰⁾¹²⁾。当院でも2003年3月以降(III群)、解離症例に対し、送血部位を腋窩動脈主体とし、真性瘤症例においては、デブリス飛散による脳神経合併症、術中解離を回避する¹⁰⁾¹²⁾目的で、動脈の性状のよい症例には上行大動脈送血を主体とした順行性送血を導入した。まだ、症例は少ないものの、灌流障害や塞栓による脳神経合併症の発生はなく、平均RCP時間、術後平均在院日数も短縮し、病院死亡も認めていない。

順行性送血の一法として、心尖部から上行大動脈ヘカニューレを挿入する心尖部送血¹³⁾の報告があり、今回の症例のなかでも、術中、偽腔灌流によって生じた灌流障害に対して心尖部送血を行った症例を経験した。結果として脳神経合併症を回避するには至らなかった。操作に熟達すれば心尖部送血は簡便で有用であるとされている¹³⁾が、カニューレによって生じる大動脈弁閉鎖不全の問題、適切なカニューレの位置決めなどに問題もあり、われわれの施設では第一選択とはしていない。基本的には、腋窩動脈、上行大動脈に主要な送血路を確保し、大腿動脈送血を補助的に追加することで、解離症例における灌流障害、真性瘤における塞栓症を回避できるよう努めている。

V. 結 語

近年、脳保護手段や心筋保護法の発展、症例の蓄積による経験などを背景に、全国的にも弓部大動脈瘤手術の成績は向上している。われわれの施設

においては、arch first technique と順行性送血を中心として術式を改良してきた。時代背景等、他因子の影響も考慮しなければならないが、上記の改良の結果、手術成績の向上を得たので報告した。

稿を終えるに臨み、ご指導を賜りました東京慈恵会医科大学心臓外科学講座主任教授 橋本和弘先生、直接ご指導いただきました同講座准教授 益子健男先生に心から深謝いたします。

文 献

- 1) Di Eusanio M, Schepens MAAM, Morshuis WJ, Dossche KM, Bartolomeo R, Pacini D, et al. Brain protection using antegrade selective cerebral perfusion: a multicenter study. *Ann Thorac Surg* 2003; 76: 1181-9.
- 2) Ueda Y, Okita Y, Aomi S, Koyanagi H, Takamoto S. Retrograde cerebral perfusion for aortic arch surgery: analysis of risk factors. *Ann Thorac Surg* 1999; 67: 1879-82.
- 3) Okita Y, Takamoto S, Ando M, Morota T, Kawashima Y. Mortality and cerebral outcome in patients who underwent aortic arch operations using deep hypothermic circulatory arrest with retrograde cerebral perfusion: no relation of early death, stroke, and delirium to the duration of circulatory arrest. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1998; 115: 129-38.
- 4) Svenson LG, Nadolny EM, Penney DL, Jacobson J, Kimmel WA, Entrup MH, et al. Prospective randomized neurocognitive and S-100 study of hypothermic circulatory arrest, retrograde brain perfusion for aortic arch operations. *Ann Thorac Surg* 2001; 71: 1905-12.
- 5) Reich DL, Uysal S, Ergin MA, Griep RB. Retrograde cerebral perfusion as a method of neuroprotection during thoracic aortic surgery. *Ann Thorac Surg* 2001; 72: 1774-82.
- 6) 益子健男, 田中 圭. 弓部全置換における分枝再建先行術式 (antlers graft technique) 10例の検討. *胸部外科* 2003; 56: 1107-11.
- 7) Rokkas CK, Kouchoukos NT. Single-stage extensive replacement of the thoracic aorta: the arch-first technique. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1999; 117: 99-105.
- 8) Yagdi T, Atay Y, Engin C, Mahmudov R, Tetik O, Iyem H, et al. Impact of organ malperfusion on mortality and morbidity in

- acute type A aortic dissections. *J Card Surg* 2006 ; 21 : 363-9.
- 9) 師田哲郎, 高本真一. 急性 A 型大動脈解離. *胸部外科* 2004 ; 57 : 607-14.
- 10) Neri E, Massetti M, Capannini G, Carone E, Tucci E, Diciolla F, et al. Axillary artery cannulation in type A aortic dissection operations. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1999 ; 118 : 324-9.
- 11) Strauch JT, Spielvogel D, Lauten A, Lansman SL, McMurtry K, Bodian CA, et al. Axillary artery cannulation: routine use in ascending aorta and aortic arch replacement. *Ann Thorac Surg* 2004 ; 78 : 103-8.
- 12) Moizumi Y, Motoyoshi N, Sakuma K, Yoshida S, et al. Axillary artery cannulation improves operative results for acute type A aortic dissection. *Ann Thorac Surg* 2005 ; 80 : 77-83.
- 13) Wada S, Yamamoto S, Honda J, Hiramoto A, Wada H, Hosoda Y. Transapical aortic cannulation for cardiopulmonary bypass in type A aortic dissection operations. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2006 ; 132 : 369-72.