弓部大動脈置換術の成績向上のための工夫 —脳保護、術式について—

鈴木 友 彰 高 森 督 安 田 冬 彦
近 藤 智 昭 岡 部 学

当科で行っている弓部大動脈瘤手術の脳保護法、末梢吻合における工夫について報告する。対象は1997年2月から2001年10月までに施行した弓部大動脈瘤手術32例。疾患の内訳は真性瘤18例、解離性大動脈瘤13例、仮性瘤1例で、緊急症例を9例含む。脳保護法は順行性脳灌流（SCP）と逆行性脳灌流（RCP）を組み合わせ用いている。つまり循環停止後、瘤を切開すると同時にRCPを開始、病変を検索し1分枝以下の再建ならRCPのまま手術を進め、2分枝以上の再建が必要ならRCP下に血液を逆流させながら弓部分枝にカニューレーションしSCPに移行する。また末梢側吻合の工夫として、急性解離ではadventitial inversion法、真性瘤では自己心膜を大動脈内面に補填することで止血の補助とした。最近の10症例ではカフ付きグラフト法を用いており、これにより手技的に非常に容易となり、すばやく確実な吻合が可能である。以上の方針の結果、術後覚醒時間 8.7 ± 1.4 時間、病院死2例（6.3%）、脳合併症2例（6.3%）であった。弓部大動脈手術の手術成績向上には安定した脳保護法の確立と、迅速で確実な末梢吻合を行うことにある。今回報告した脳保護法、末梢吻合における当科の方法は手術成績からみて有用である。日心外会誌32巻1号：13-16（2003）

Keywords：弓部大動脈瘤、順行性脳灌流法、逆行性脳灌流法、カフ付きグラフト法

Recent Surgical Results of Transverse Aortic Arch Replacement

Tomoaki Suzuki, Atsushi Takamori, Fuyuhiko Yasuda, Chiaki Kondo and Manabu Okabe
(Department of Cardiovascular Surgery, Kochi Municipal Hospital, Kochi, Japan)

We report the results of aortic arch replacement in 32 patients (20 males, 12 females) with aortic arch aneurysm, including 9 emergency cases. The etiology of aneurysm was atherosclerotic aneurysm in 18 patients, pseudoaneurysm in 1 patient, and aortic dissection in 13 patients. Selective cerebral perfusion (SCP) and retrograde cerebral perfusion (RCP), which are used for brain protection during aortic arch reconstruction, were both employed in this study according to our institutional policy. RCP was started at the moment of circulatory arrest after which the aneurysm was opened. In the case of 1-branch reconstruction or hemiarch replacement, we only employed RCP. If 2-branch reconstruction or total arch replacement was needed, we switched to SCP. After the distal graft anastomosis was performed, antegrade systemic perfusion was started via the 4th branch of the graft. Subsequently, 3 arch vessels was reconstructed with rewarming to shorten the SCP time, and finally proximal graft anastomosis was performed. Distal graft anastomosis with a new technique was applied in the 10 most recent cases. The “cuff” was made at the distal anastomosis site of the graft beforehand and this “cuff” was sutured to the aortic wall in an elephant-trunk fashion. This technique was a simple approach to repairing the distal lesion and allowed easy addition of stitches in case of bleeding. The in-hospital mortality rate was 6.3% (2 of 32 patients) and the rate of cerebrovascular accident was 6.3% (2 of 32 patients). This technique for aortic arch repair is a useful method that results in low rates of in-hospital mortality and morbidity. Jpn. J. Cardiovasc. Surg. 32 : 13-16 (2003)

弓部大動脈瘤手術時の脳保護のための補助手段として順行性脳灌流（selective cerebral perfusion：SCP）法、逆行性脳灌流（retrograde cerebral perfusion：RCP）法のおおのの成績が報告されており、その長所、短所が明ら

かにされている¹⁻⁸⁾。弓部大動脈瘤手術の成績向上のためには脳保護の安定化が大きな問題点であり、われわれはそれぞれの利点を活かすべくSCPとRCPを同時に行っている。今回、同法下に手術を施行した弓部大動脈瘤手術32例を検討し報告する。

対 象

対象は1997年2月から2001年10月までに当科で施行した弓部大動脈瘤手術32例である。年齢は36～80歳、平

2002年1月30日受付、2002年6月27日採用
高知市立市民病院心臓血管外科 〒780-0850 高知市丸の内1-7-45

本論文の要旨は、第32回日本心臓血管外科学会学術総会（2002年2月、大阪）において発表した。

均 67.3 歳，性別は男 20 例，女 12 例であった。疾患の内訳は真性瘤 18 例，解離性大動脈瘤 13 例，仮性瘤 1 例であり，緊急症例は 9 例であった。合併疾患は冠状動脈疾患 6 例 (19%)，annuloaortic ectasia による大動脈弁閉鎖不全症が 3 例 (9.3%)，脳血管障害 6 例 (19%)，慢性透析患者 1 例を含む腎臓機能障害が 4 例 (13%)，糖尿病 2 例 (6.3%)，心臓大血管系手術の既往は上行大動脈置換 1 例，大動脈弁人工弁置換 1 例，冠動脈バイパス 1 例，腹部大動脈人工血管置換 1 例であった。

手術手技および補助手段

アプローチは全例胸骨正中切開で行い，症例に応じて両鎖骨上窩横切開を加えた。人工心肺は脱血管を右房から上下大静脈にそれぞれ挿入，送血部位は真性，仮性瘤ではできるかぎり順行性に上行大動脈および右鎖骨下動脈とし，急性 A 型解離では迅速な送血部位の確保のため大腿動脈とした。

補助循環 (図 1) として脳保護法は SCP 法と RCP 法を同時に行った。つまり，循環停止下に瘤を切開し，同時に RCP を開始する。RCP の流量は上大静脈の圧を 20 mmHg に維持する量とした。RCP 下に病変を検索し 1 分枝再建あるいは hemiarch replacement ならばそのまま RCP のみで手術をすすめ，2 分枝以上の再建が必要と判断すれば RCP にて血液を逆流させながらカニューレーションを行い SCP に移行するという方針をとっている。SCP は 1 台のポンプを用いて右腕頭動脈と左総頸動脈の 2 分枝送血を原則としているが脳血管の頭蓋内病変を有した 1 例に 3 分枝送血を行った。SCP の流量は 10 ml/kg/h を基本とし右腕頭動脈に挿入したカニューレの先端圧を 30~45 mmHg に維持するよう調節した。

末梢側吻合は直腸温 18~20°C の超低体温循環停止下に open distal anastomosis 法で行い，elephant trunk 法を原則とした。症例に応じ工夫を加えており，急性解離では adventitial inversion technique，真性瘤では吻合部の大動脈内面に自己心膜を補填することで止血の補助とした。最近の 10 症例では 4 分枝付き人工血管の末梢側吻合部にあらかじめカフを作成しそのカフに吻合するというカフ付きグラフト法を用いている (図 2)。末梢側吻合後はグラフトの側枝からの送血を開始し，弓部分枝再建の手順は末梢側の枝，つまり全置換では左鎖骨下動脈から順に左総頸動脈，右腕頭動脈と 5-0 PDS 糸にて端々連続吻合し，この間に加温を進め，最後に人工血管中枢側吻合を行い冠灌流を再開している。

結果，成績

以上の方針で行った術式の内訳 (表 1) は弓部大動脈全

図 1 体外循環回路図
R: reservoir, P: pump.

図 2 カフ付きグラフト

a: 分枝付き人工血管末梢吻合部にカフを作成する。b: カフ部展開図。c: エレファントランク法でカフを縫いしろとし吻合する。

置換術 23 例，1 分枝置換術 1 例，Hemiarch replacement 8 例であり，したがって SCP に移行した症例が 23 例，RCP のみで手術を行った症例が 9 例である。合併手術は基部置換術 4 例，基部形成術 3 例，冠動脈バイパス術 1 例，僧帽弁輪形成術 1 例，冠動脈バイパス術 + 僧帽弁輪形成術 + 三尖弁輪形成術 + 心房中隔欠損閉鎖術 1 例であった。

体外循環時間は 157~449 (291±75) 分，大動脈遮断時間は 54~261 (179±57) 分，RCP のみで手術を行った症例の RCP 時間は 8~71 (28±5) 分，SCP 時間は 29~179 (92±10) 分，耐術症例の術後覚醒時間は 2.5~32 (8.7±1.4) 時間であった (表 2)。

術後合併症 (表 2) は脳合併症を 2 例 (6.3%) 認め，2 例とも弓部全置換であり脳保護は RCP から SCP に移行して行った症例であった。1 例は SCP 時間 72 分で，前頭

表1 手術手技

手術手技	症例数
上行、弓部大動脈全置換	23
+CABG	1
+MAP	1
+基部形成	2
+Bentall	2
+ASD 閉鎖, TAP, MAP, CABG	1
Hemiarach replacement	8
+Bentall	2
+基部形成	1
上行、弓部1分枝再建	1

CABG: coronary artery bypass grafting, MAP: mitral annuloplasty, ASD: atrial septal defect, TAP: tricuspid annuloplasty.

表2 体外循環の内訳と術後合併症

体外循環時間	291±75 分
大動脈遮断時間	179±57 分
RCP 時間 (9 例)	28±5 分
SCP 時間 (23 例)	92±10 分
術後覚醒時間	8.7±1.4 時間
呼吸不全	5 例 (16.7%)
腎不全	6 例 (20%)
出血再開胸	2 例 (6.3%)
脳合併症	2 例 (6.3%)
病院死亡	2 例 (6.3%)

葉の塞栓症で一過性のうつ症状がみられたが回復した。もう1例はSCP時間119分で脳血管の頭蓋内病変があり3分枝送血を行った症例で、周術期の脳の低灌流に起因した意識障害の遷延がみられたが1カ月で回復した。再挿管あるいは気管切開を要するような呼吸機能障害を5例(16.7%)に、血清クレアチニンが術前の1.5倍以上になるような腎機能障害を6例(20%)に認め、出血再開胸が2例あった。死亡は2例(6.3%)であり、1例は第1病日にLOSにて、1例は術直後に不整脈にて亡くなった。

考 察

弓部大動脈瘤に対する手術治療において各施設でさまざまな補助手段、術式が採られている。とくに脳保護に関して順行性脳灌流法(SCP法)、循環停止法、逆行性脳灌流法(RCP法)について比較検討した報告がみられ、それぞれの利点、欠点が明らかにされている¹⁻⁹⁾。諸家の報告では、RCPは手技的に容易であり、カニューレが術野の妨げにならず良好な視野が得られ、体外循環時間の短縮などの利点がある。しかし、時間的制限があり大脳皮質の灌流量が少ないなど安全限界に問題が残る。一方SCPでは適切な灌流を行えば時間的制限がなく余裕をもって手術が行えるが、術野のカニューレが手術の妨げになること、カニューレに伴いdebris、血栓などの塞栓症を起

す可能性があるなどの問題がある。当科では1997年4月よりそれぞれの利点を活かすべく先に示したようにRCP法とSCP法を同時に用いている(図1)。やはりわれわれもRCPには時間的制限があると考え、2分枝以上の再建が必要な場合はSCPに移行することになっている。回路は送血管と脱血管の間にシャントを設けるだけで特別な装置は必要としない。両法を組み合わせることによる利点は次のことがあげられる。1) RCPにて血液を逆流させながらSCPのカニューレーションを行うため空気、粥腫などをflush outでき、また急性解離などでは挿入すべき腔が確認でき安全なカニューレーションが行える。2) SCPのカニューレ挿入部位が強い粥状硬化などで安全なカニューレーションが不可能な場合や十分な灌流圧が得られずSCPが不完全な場合などRCPのみでも手術が可能である。

現在われわれが行っているSCPの方法は右腕頭動脈、左総頸動脈の2分枝に1台のポンプで送血し、流量は基本的には10 ml/min/kgとし右腕頭動脈のカニューレの先端圧30~45 mmHgに調節している。佐久間ら¹⁰⁾は2台のポンプで送血し左右脳血量の不均衡をなくすことで脳合併症を減少できると報告している。一方、低体温でも脳血量のautoregulationは保たれるという報告もある¹¹⁾。現在、われわれは1台のポンプで送血しているが明らかに左右脳血量の不均衡が原因と思われる脳合併症は経験していない。また長時間の脳分離体外循環は術中脳合併症発生率を上昇させるという報告^{1,12,13)}から手術の手順は次のようにしている。分枝付き人工血管の末梢吻合終了後人工血管側枝から送血を開始し、分枝の再建は左鎖骨下動脈から順に左総頸、右腕頭動脈とすすめ、この間に復温しておき、人工血管中枢吻合を最後に行い冠灌流を再開するというぐあいに脳の灌流を優先している。左総頸、右腕頭動脈の2本送血の場合、数井ら⁹⁾、福田ら¹⁴⁾も述べているように左椎骨動脈灌流の重要性からも左鎖骨下動脈から再建する術式は脳保護に有利である。以上の方針にて手術を施行した結果、術後平均覚醒時間8.7時間、脳合併症発生率6.3%(2/32例)と他の報告^{1,2,4,5,8,10-15)}による脳合併症発生率(0~17%)と比較しても満足な成績が得られた。RCPとSCPをこのように組み合わせ用いている施設は少ないと思われ両者の利点を活かした良い方法であると考えている。

弓部大動脈瘤手術では人工血管-末梢側大動脈吻合を確実、迅速に行い出血を少なくすることが循環停止時間、脳分離体外循環時間、体外循環時間を短縮させ手術成績向上に大きな影響を及ぼす。当科ではいくつかの工夫をしており、急性解離ではadventitial inversion法、真性、仮性瘤では自己心膜を約1 cm幅のテープ状に作成し大動脈吻合部内面に補填し止血の補助としている。また最近の10症

例では分枝付き人工血管の末梢側吻合部にあらかじめカフを作成し、そのカフを縫いしろとして大動脈に吻合するカフ付きグラフト法を用いている (図 1)¹⁶⁾。カフが縫いしろであるため自由度が高く、吻合は容易であり、吻合部出血の追加縫合がかけやすく、人工血管と大動脈の接着も良好となり、またエレファントトランク法で時に必要となる人工血管-人工血管吻合が不要となり時間短縮につながる。

現在の弓部大動脈瘤手術において危険因子と報告されているのは術後脳障害合併、術後低心拍出量症候群、大量出血、人工心肺時間などであり^{1,2,10,12,13,15)}、成績向上のためにはいかに末梢吻合部での出血をおさえ、体外循環時間を短縮し、安定した脳保護法を確立することが大きな課題である。今回われわれが報告した SCP と RCP を組み合わせる脳保護法や末梢吻合部でのいくつかの工夫は直接これらの因子に関わるものである。

結 語

1. 弓部大動脈瘤 32 例の手術成績を報告した。とくに末梢吻合法、脳保護法を工夫することにより手術死亡 6.3% と良好な結果が得られた。

2. 脳保護法として今回報告した SCP と RCP を同時に行う方法は手技的に容易で、両者の利点を活かした優れた方法であり、脳合併症の発生を低率 (6.3%) に押さえることができた。

文 献

- 1) Akashi, H., Tayama, K., Fujino, T. et al.: Cerebral protection selection in aortic arch surgery for patients with preoperative complications of cerebrovascular disease. *JJTCVS* 48: 782-788, 2000.
- 2) Okita, Y., Minatoya, K., Tagusari, O. et al.: Prospective comparative study of brain protection in total arch replacement: Deep hypothermic circulatory arrest with retrograde cerebral perfusion or selective antegrade cerebral perfusion. *Ann. Thorac. Surg.* 72: 72-79, 2001.
- 3) Yamashita, K., Kazui, T., Terada, H. et al.: Cerebral oxygenation monitoring for total arch replacement using selective cerebral perfusion. *Ann. Thorac. Surg.* 72: 503-508, 2001.
- 4) 西内 素, 岡崎 強, 新開雅彦ほか: 選択的脳灌流法を用いた真性弓部大動脈瘤の外科治療. *日胸外会誌* 43: 473-478, 1995.
- 5) 数井暉久, 栗本義彦, 馬見知大ほか: 弓部大動脈瘤-大動脈弓部再建手技および選択的脳灌流法の新しい工夫- 胸部外科 48: 519-522, 1995.
- 6) 秋本剛秀, 橋本明政, 青見茂之ほか: 弓部大動脈再建の補助手段としての逆行性脳灌流法の有用性- 順行性脳灌流法と比較して- 日胸外会誌 41: 1323-1329, 1993.
- 7) 添田 徹, 葉玉哲生, 宮本伸二ほか: 31-P Magnetic Resonance Spectroscopy を用いた逆行性脳灌流時の脳内燐エネルギー代謝に関する実験的検討. *日胸外会誌* 43: 740-741, 1995.
- 8) 上田裕一, 三木成仁, 楠原健嗣ほか: 大動脈弓部に波及した上行大動脈瘤及び大動脈解離に対する外科治療- Open aortic anastomosis と Retrograde perfusion を補助手段として- 日胸外会誌 36: 161-166, 1988.
- 9) Ergin, M. A., Galla, J. D., Lansman, S. L. et al.: Hypothermic circulatory arrest in operations on the thoracic aorta. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 107: 788-799, 1994.
- 10) 佐久間啓, 近江三喜男, 井口篤志ほか: 真性弓部大動脈瘤の外科治療. *胸部外科* 53: 979-985, 2000.
- 11) 新保秀人, 水本 亨, 下野高嗣ほか: 弓部大動脈瘤手術における脳分離体外循環法と薬理学的脳保護の有用性の検討. *胸部外科* 46: 660-663, 1993.
- 12) Kazui, T., Washiyama, N., Bashir, A. H. M. et al.: Improved results of atherosclerotic arch aneurysm operations with a refined technique. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 121: 491-499, 2001.
- 13) 内田直樹, 渡辺 卓, 篠崎 慈ほか: 脳分離体外循環を用いた上行、弓部大動脈人工血管置換術の早期及び遠隔期成績. *日胸外会誌* 45: 1076-1083, 1997.
- 14) 福田幾夫, 海野英哉, 河野元嗣ほか: 弓部大動脈瘤手術における補助手段と治療成績の検討. *日胸外会誌* 45: 718-723, 1997.
- 15) 安藤太三, 安達盛次, 中谷 充ほか: 動脈硬化性の遠位弓部大動脈瘤に対する手術成績の検討. *日胸外会誌* 41: 2034-2039, 1993.
- 16) 宮本伸二, 穴井博文, 迫 秀則: ステンツグラフトを用いた弓部置換術. *日胸外会誌* 48: 160, 2000.