

手術手技の選択

師田 哲郎 高本 眞一

要 旨：ガイドライン刊行後の手術手技に関する話題を、ジャーナルレビューを中心としてまとめた。安全性と低侵襲性に対する社会の強い要望に対応しつつ、真に高質な外科治療を提供すべく、さまざまな工夫がなされている。特に、ステントグラフトの進歩改善に伴う適応拡大、基部再建におけるバルサルバグラフトの使用、画像診断におけるAdamkiewicz動脈の同定などを、この2～3年間の大きな変化としてとりあげた。（J Jpn Coll Angiol, 2008, 48: 37–42）

Key words: aortic aneurysm, aortic dissection, brain protection, spinal cord protection

はじめに

「大動脈瘤・大動脈解離診療ガイドライン」刊行より約1年が経過し、一部原稿は執筆よりさらに長き時間を経ている。この間にも手術手技は刻々と進歩改良が加えられ、また新たなエビデンスも出現している。ガイドライン本来の性格として、「最新の知見」よりも「広く受け入れられた事実」がその根幹を成すべきものではあろう。しかし、ガイドラインでは論点が残されていた項目に対し、ほぼコンセンサスの得られたものもあり、また本誌などジャーナルとして、その後の進歩をまとめることには多大なる意義があると思われる。

ここでは、胸部大動脈の手術手技に関する最近2～3年間の進歩を、ジャーナルレビューを中心に記す。

急性A型大動脈解離

急性A型大動脈解離に対する手術手技としては、論点を3つ挙げたい。

(1) 置換範囲

ガイドラインに示されたごとく「基本は上行大動脈置換(hemiarch置換を含む)、内膜亀裂が弓部に存在するならば弓部置換を追加」という考え方が標準であろう。しかし、遠隔期における残存偽腔拡大との観点から、

内膜亀裂が上行大動脈にあっても弓部全置換を標準術式としている施設もある。本邦からも「置換範囲は残存偽腔開存率に影響を及ぼさない」とする報告¹⁾、一方で「弓部全置換は残存偽腔関連イベントを減少させ、長期生存を改善する」との相反する報告²⁾が成され、まだ解決をみるに至らない。日本胸部外科学会調査³⁾による2005年の在院死亡率は14.6%といまだ高い疾患であるので、拡大手術による遠隔成績の追求は患者年齢、術前状態、施設の早期成績など考慮のうえで行われるべきであろう。

(2) 送血路

送血路の選択に関しては、ガイドラインではあまりスペースが割かれていない。最近では、腋窩動脈の使用頻度がますます高まっている⁴⁾。これは、第一義には弓部真腔送血により分枝灌流障害を回避するわけであるが、弓部置換においてはそのまま右総頸動脈送血路に転用できることも理由になっている。欧米でも腋窩動脈送血は増加しており⁵⁾、また施設によっては右腕頭動脈を用いる所もあり⁶⁾、良好な成績を出している。ただし、一部には“急性解離に対する真腔送血のための腋窩送血”への高評価を、そのまま“弓部置換—その多くは遠位弓部真性瘤が対象”に当てはめてしまっている施設もあるように見受けられる。これはまだ論文レベルにはなっていないが、学会では討論的となる

ことが多く、やはり弓部粥腫塞栓症の危険性をよく検討しなければならない。一方では、従来の大動脈送血のみでも良好な成績が報告されており⁷⁾、著者らの施設でも基本的には大動脈を用いている。要は術中のモニタリングで血流動態を把握し、必要に応じて追加送血路を確保すればよいと考えている。また、少数派ではあるが左室心尖部送血もまとまった症例数で報告され⁸⁾、今後普及する可能性があると思われる。

(3) GRF glue

GRF glueは、特に中枢側大動脈の偽腔を確実に閉鎖するとともに、脆弱な外膜と内膜フラップを固定することにより吻合強度を得る、という目的で用いられ、急性期手術成績の向上にそれなりに寄与してきたことは否めない。しかし遠隔期には、おそらくホルマリンの組織毒性によると考えられる中内膜壊死を来し(Fig. 1)、基部再解離や吻合部仮性瘤といった合併症の原因となると推測されてきた。この副作用に関してこれまで症例報告が蓄積されていたが、最近本邦よりシリーズとしての報告が出され^{9,10)}、明確にGRF glueの使用に警鐘が鳴らされた。現時点での対応は、極力ホルマリンの使用量を抑えるか、フィブリン製剤で代替することであるが、非生物由来材料から成る優れた接着剤の開発に期待したい。

急性B型大動脈解離

ガイドライン以降の急性B型大動脈解離診療の変化としては、ステントグラフトの適用拡大である。日本胸外科学会調査³⁾における症例数は、2000年に12例にすぎなかったのに対し2005年には30例(うち7例はいわゆるopen stent)に増加しており、なおかつ調査から漏れた症例数はかなり多いと思われる。詳細は本号別稿に譲るが、さまざまな合併症の問題を包含しつつも¹¹⁾、中期遠隔成績は適応症例を選択すれば良好であり^{12,13)}、デバイスの進歩とともに今後ますますの普及が予測される。

大動脈基部

大動脈基部置換に関しては、バルサルバ洞機能を重視したDavid-V法が標準術式として広く普及しつつあり、commercially availableなValsalva graft^{14,15)}や、独自の自作Valsalva graft^{16,17)}を用いた手術(Fig. 2)の良好な早期成績が報告されつつある。

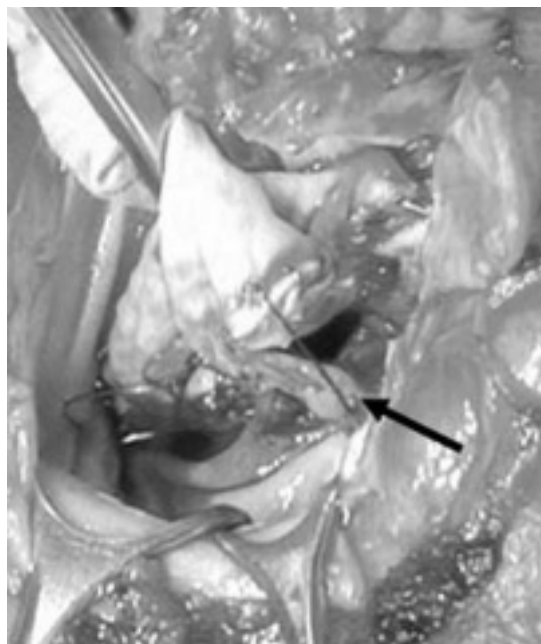


Figure 1 Mediointimal necrosis due to the use of GRF glue. Provided by Suzuki S (Yokohama City University).

自己弁温存手術におけるValsalva洞機能維持の利点は、大動脈弁の閉鎖過程がより生理的なものとなり長期成績の向上に寄与すると考えられる¹⁸⁾ことである。著者らの施設におけるコンピュータ解析でも、ストレートチューブ型人工血管に比し明らかに良好な弁閉鎖過程が示された¹⁹⁾。

その一方で、本術式の遠隔成績は不明であり、“形態的に可能である”ことのみを理由に再手術の可能性を無視することには疑問が呈されてもいる²⁰⁾。

弓部大動脈

弓部大動脈手術においては、ガイドライン後の展開は以下のごとくである。

(1) 脳保護法—選択的脳灌流法

選択的脳灌流法の確立に伴い、多くの施設で安全に弓部置換術が施行できるようになった。ただし、その中で、① 選択的脳灌流法における体温設定をどこにおくか、② 選択的脳灌流法における分枝灌流は何本が適切か、また独立ポンプは必要かとの議論があり、施設や術者による経験により使い分けられている。現状では体温設定は徐々に上昇の試みがなされており、25～



Figure 2 David-V UT modification.
A: Surgical view: The bulging sinus of Valsalva is created.
B: Postoperative CT: Natural aortic root structure is preserved.

A | B

26°Cでの安全性を示唆する報告²¹⁾が散見されるほか、常温での弓部置換の試み²²⁾も行われている。従来の18～22°Cという超低温手術は減少しているが、下半身循環停止中の臓器保護という観点もあり、症例によっての使い分けも必要であろう。分枝灌流方法に関しては、右腕頭動脈の1本送血は小児においては許容される²³⁾が、成人では短時間症例に限るべきと思われる。2本か3本かとの議論は、左鎖骨下動脈の逆流流量が乏しい場合にはその灌流が必要となる、と考えられている。また、体温設定を高めにシフトすることに伴って3本送血として安全性を確保するという考え方もある²⁴⁾。いずれにしても、選択的脳灌流法の際には左右脳血流評価を術中モニタリングすること^{25, 26)}が非常に重要であろう。

(2) 脳保護法—逆行性脳灌流法

逆行性脳灌流に関する新たな話題として、IPA-RCP (intermittent pressure augmented retrograde cerebral perfusion)^{27, 28)}が基礎研究を経て臨床応用されていることを挙げたい。これは、間欠的に静脈圧を上昇させて細静脈チャンネルを開存させる手法である。より長時間の循環停止時間を可能とし、かつ術後の譫妄など minor neurological damage を減少させうることが示されている。選択的脳灌流法と比し許容時間は限られているが、頸部分枝の粥状硬化が高度な症例においては、粥腫塞栓症の危険性が少ない本法が第一選択となる。

(3) 分枝付き人工血管の普及

従来、本邦では弓部全置換術において頸部3分枝再建側枝+送血側枝付きの4分枝人工血管が好んで用いられてきた。これに対し、欧米諸国では頸部3分枝を一括してisland状に吻合する手技が主流であった。これは、本邦では頸部分枝の分岐部に動脈硬化病変が強いこと、早期から選択的脳灌流法が普及したため1本ずつ再建の方が手技的に容易であること、さらに欧米では超低温循環停止のみを補助手段として用いていたため時間的制約がきついこと、が理由であったと思われる。しかし最近ではcommercially availableな弓部再建用4分枝管が世界的にも普及してきている²⁹⁾。

遠位弓部—下行大動脈

下行大動脈瘤、特に下行限局病変に対する方針は、急速に血管内治療に移行しつつある¹¹⁾。また、従来左鎖骨下動脈からのlanding zoneが十分確保できずに開胸手術が選択されていた症例にも、fenestrated stent graftを用いたzone 0-2へのステントグラフト留置によりある程度は対処が可能となっている³⁰⁾。詳細はやはり本号別稿に譲るが、現在の論点は閉塞させる左鎖骨下動脈の処置にある。多くの症例において単純閉鎖が可能ではあるが、決して無視できない率で左椎骨動脈系の虚血症状を呈し³¹⁾、左鎖骨下動脈再建の要否に関して議論が続いている。

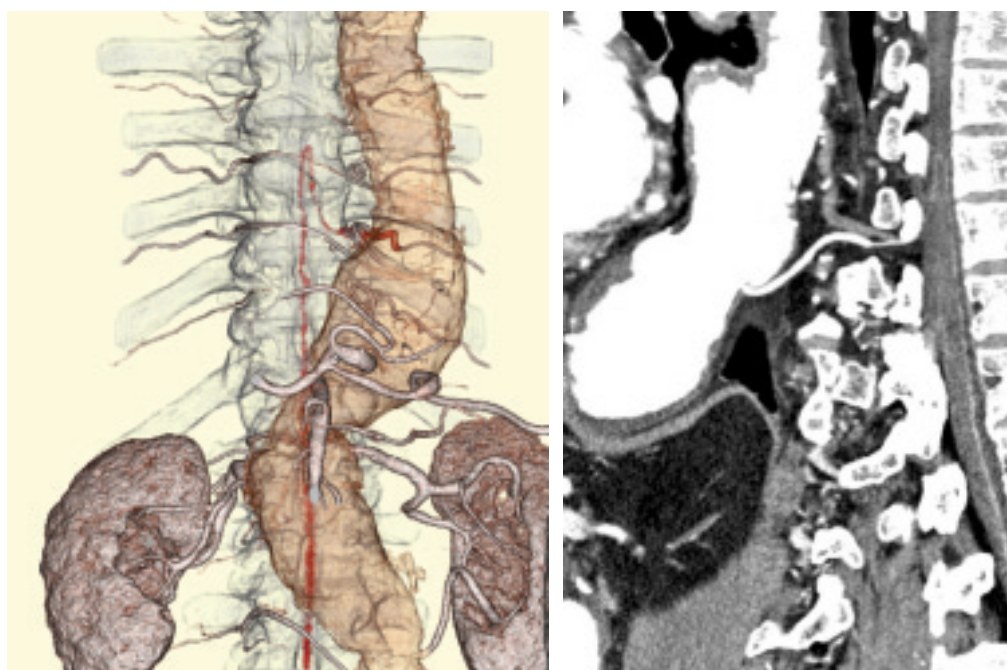


Figure 3 The Adamkiewicz artery demonstrated by MDCT.
Provided by Yoshioka K (Iwate Medical University).

A: Volume rendering: The Adamkiewicz artery shows typical “hair-pin curve” and leads to the anterior spinal artery.

B: Curved planar reconstruction.

A | B

胸腹部大動脈

胸腹部大動脈手術手技に関しては、いまだに脊髄保護が最大の課題として残っている。大局観としては、脊髄血流をただ 1 本のAdamkiewicz動脈でなく“collateral network concept”として捉えて³²⁾集学的に脊髄保護を遂行する方向にある。分節の大動脈遮断下での肋間動脈再建、下半身からの側副血行を増加するためのdistal perfusion、代謝抑制により酸素需要を低下させるhypothermia、微小循環改善のためのspinal fluid drainageなど従来の補助手段に加え、脊髄局所冷却³³⁾、各種薬剤³⁴⁾、奇静脈を介した逆行性循環³⁵⁾、などの研究および一部臨床応用が試みられている。

こうした中で特に本邦を中心に、術前画像診断でAdamkiewicz動脈を同定し、ここを狙い打って確実な肋間動脈再建を行う手法が相次いで報告されている³⁶⁾。MDCT(Fig. 3)またはMRAを用いることにより、80~90%の症例で同定可能とされている³⁷⁾。さらに側副血行も描出可能である³⁸⁾ことから、よりcollateral network

conceptを生かした手術戦略をとることにもつながっていくであろう。

おわりに

急速に増加する大動脈疾患症例と、診断・治療およびテクノロジーの進歩は、ともすると数カ月単位で疾患の概念や標準治療を変化させうる。大動脈手術手技では、弓部手術での脳保護に関しては一応の解決を得られたと思われる。一方、脊髄保護に関してはいまだ満足のいく手技が確立されておらず、また高齢・ハイリスク症例の扱いをどうしていくか、など未解決の論点が多く残されている。

幸い、日本は大動脈疾患症例数に恵まれており、本稿で取り上げた多くの業績が日本発であることに賛辞を送りたい。今後も情報発信元としての日本の役割は大きい。

著者らは、ガイドライン作成にあたり事務局・班長を担当した。本号でのガイドラインの振り返りにより、これを評価する機会に深謝するものである。

文 献

- 1) Sakaguchi G, Komiya T, Tamura N et al: Patency of distal false lumen in acute dissection: extent of resection and prognosis. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2007, **6**: 204–207.
- 2) Ochiai Y, Imoto Y, Sakamoto M et al: Long-term effectiveness of total arch replacement for type A aortic dissection. *Ann Thorac Surg*, 2005, **80**: 1297–1302.
- 3) Ueda Y, Osada H, Osugi H et al: Thoracic and cardiovascular surgery in Japan during 2005. Annual report by the Japanese Association for Thoracic Surgery. *Gen Thorac Cardiovasc Surg*, 2007, **55**: 377–399.
- 4) Gulbins H, Pritisanac A, Ennker J: Axillary versus femoral cannulation for aortic surgery: enough evidence for a general recommendation? *Ann Thorac Surg*, 2007, **83**: 1219–1224.
- 5) Budde JM, Serna DL Jr, Osborne SC et al: Axillary cannulation for proximal aortic surgery is as safe in the emergent setting as in elective cases. *Ann Thorac Surg*, 2006, **82**: 2154–2159.
- 6) Di Eusanio M, Ciano M, Labriola G et al: Cannulation of the innominate artery during surgery of the thoracic aorta: our experience in 55 patients. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2007, **32**: 270–273.
- 7) Fusco DS, Shaw RK, Tranquilli M et al: Femoral cannulation is safe for type A dissection repair. *Ann Thorac Surg*, 2004, **78**: 1285–1289.
- 8) Wada S, Yamamoto S, Honda J et al: Transapical aortic cannulation for cardiopulmonary bypass in type A aortic dissection operations. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2006, **132**: 369–372.
- 9) Suzuki S, Imoto K, Uchida K et al: Aortic root necrosis after surgical treatment using gelatin-resorcinol-formaldehyde (GRF) glue in patients with acute type A aortic dissection. *Ann Thorac Cardiovasc Surg*, 2006, **12**: 333–340.
- 10) Izutani H, Shibukawa T, Kawamoto J et al: Devastating late complication for repair of type A acute aortic dissection with usage of gelatin-resorcinol-formalin glue. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2007, **6**: 240–242.
- 11) Nienabar CA, Kische S, Ince H: Thoracic aortic stent-graft devices: problems, failure modes, and applicability. *Semin Vasc Surg*, 2007, **20**: 81–89.
- 12) Schoder M, Czerny M, Cejna M et al: Endovascular repair of acute type B aortic dissection: long-term follow up of true and false lumen diameter changes. *Ann Thorac Surg*, 2007, **83**: 1059–1066.
- 13) Bergeron P, Inglese L, Gay J: Setting up of a multicentric European registry dealing with type B dissensions in chronic and acute phases with thoracic EndoFit(R) devices. *J Cardiovasc Surg (Torino)*, 2007, **48**: 689–695.
- 14) De Paulis R, Schmitz C, Scaffa R et al: *In vitro* evaluation of aortic valve prosthesis in a novel valved conduit with pseudosinuses of Valsalva. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2005, **130**: 1016–1021.
- 15) Di Bartolomeo R, Pacini D, Martin-Suarez S et al: Valsalva prosthesis in aortic valve-sparing operations. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2006, **5**: 294–298.
- 16) Demers P, Miller DC: Simple modification of “T. David-V” valve-sparing aortic root replacement to create graft pseudosinuses. *Ann Thorac Surg*, 2004, **78**: 1479–1481.
- 17) Takamoto S, Nawata K, Morota T: A simple modification of ‘David-V’ aortic root reimplantation. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2006, **30**: 560–562.
- 18) Aybek T, Sotiriou M, Wöhleke T et al: Valve opening and closing dynamics after different aortic valve-sparing operations. *J Heart Valve Dis*, 2005, **14**: 114–120.
- 19) Sugiura S, Katayama S, Umetani N et al: Simulation study of aortic valve function using the fluid-structure interaction finite element method. VIIIth Annual International Symposium on Advances in Understanding Aortic Diseases. *Proceedings*, 2007, p27.
- 20) Miller DC: Valve-sparing aortic root replacement: current state of the art and where are we headed? *Ann Thorac Surg*, 2007, **83**: S736–S739.
- 21) Nappi G, Maresca L, Torella M et al: Body perfusion in surgery of the aortic arch. *Tex Heart Inst J*, 2007, **34**: 23–29.
- 22) Touati GD, Marticho P, Farag M et al: Totally normothermic aortic arch replacement without circulatory arrest. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2007, **32**: 263–268.
- 23) Kwak JG, Kim WH, Oh AY et al: Is unilateral brain regional perfusion neurologically safe during congenital aortic arch surgery? *Eur J Cardiothorac Surg*, 2007, **32**: 751–755.
- 24) Sasaki H, Ogino H, Matsuda H et al: Integrated total arch replacement using selective cerebral perfusion: a 6-year experience. *Ann Thorac Surg*, 2007, **83**: S805–S810.
- 25) Orihashi K, Sueda T, Okada K et al: Malposition of selective cerebral perfusion catheter is not a rare event. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2005, **27**: 644–648.
- 26) Olsson C, Thelin S: Regional cerebral saturation monitoring with near-infrared spectroscopy during selective antegrade cerebral perfusion: diagnostic performance and relationship to postoperative stroke. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2006, **131**: 371–379.

- 27) Kitahori K, Takamoto S, Takayama H et al: A novel protocol of retrograde cerebral perfusion with intermittent pressure augmentation for brain protection. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2005, **130**: 363–370.
- 28) Kawata M, Sekino M, Takamoto S et al: Retrograde cerebral perfusion with intermittent pressure augmentation provides adequate neuroprotection: diffusion- and perfusion-weighted magnetic resonance imaging study in an experimental canine model. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2006, **132**: 933–940.
- 29) Spielvogel D, Etz CD, Silovitz D et al: Aortic arch replacement with a trifurcated graft. *Ann Thorac Surg*, 2007, **83**: S791–S795.
- 30) Jackson BM, Carpenter JP, Fairman RM et al: Anatomic exclusion from endovascular repair of thoracic aortic aneurysm. *J Vasc Surg*, 2007, **45**: 662–666.
- 31) Riesenman PJ, Farber MA, Mendes RR et al: Coverage of the left subclavian artery during thoracic endovascular aortic repair. *J Vasc Surg*, 2007, **45**: 90–94.
- 32) Griep RB, Griep EB: Spinal cord perfusion and protection during descending thoracic and thoracoabdominal aortic surgery: the collateral network concept. *Ann Thorac Surg*, 2007, **83**: S865–S869.
- 33) Moomiaie RM, Ransden J, Stein J et al: Cooling catheter for spinal cord preservation in thoracic aortic surgery. *J Cardiovasc Surg (Torino)*, 2007, **48**: 103–108.
- 34) Kohno H, Ishida A, Imamaki M et al: Efficacy and vasodilatory benefit of magnesium prophylaxis for protection against spinal cord ischemia. *Ann Vasc Surg*, 2007, **21**: 352–359.
- 35) Pocar M, Rossi V, Addis A et al: Spinal cord retrograde perfusion: review of the literature and experimental observations. *J Card Surg*, 2007, **22**: 124–128.
- 36) Kawaharada N, Morishita K, Fukada J et al: Thoracoabdominal or descending aortic aneurysm repair after preoperative demonstration of the Adamkiewicz artery by magnetic resonance angiography. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2002, **21**: 970–974.
- 37) Nijenhuis RJ, Jacobs MJ, Jaspers K et al: Comparison of magnetic resonance with computed tomography angiography for preoperative localization of the Adamkiewicz artery in thoracoabdominal aortic aneurysm patients. *J Vasc Surg*, 2007, **45**: 677–685.
- 38) Yoshioka K, Niinuma H, Ehara S et al: MR angiography and CT angiography of the artery of Adamkiewicz: state of the art. *Radiographics*, 2006, Suppl 1: S63–S73.

Updated Surgical Strategies and Techniques in Aortic Surgery

Tetsuro Morota and Shinichi Takamoto

Department of Cardiothoracic Surgery, the University of Tokyo, Tokyo, Japan

Key words: aortic aneurysm, aortic dissection, brain protection, spinal cord protection

There have been a lot of significant works and several new consensuses in aortic surgery since the publication of the revised guideline in 2006. Social requirement for less invasive, safer surgery demands surgeons to evolve their techniques, as represented by endovascular aneurysm repair. On the other hand, emerging technology enabled us to refine the surgical procedures. Rapid advances in computed tomography is one of the greatest topics for aortic surgeons, and its detailed depiction of small vessels, e.g. Adamkiewicz artery, guides us to work out a plan of operations. This paper reviews recent advances in surgical strategies and techniques in aortic surgery. (J Jpn Coll Angiol, 2008, **48**: 37–42)

Online publication June 5, 2008

脈管学 Vol. 48, 2008