CABG におけるグラフト選択

高木 靖

Yasushi Takagi: Recent graft selection in CABG. J Jpn Coron Assoc 2013; 19: 290-295

I. はじめに

1968年にFavaloroら^{1,2)}により広められた冠動脈バイパス手術(CABG)は、狭心症に有効な治療手段として確立されてきた。当初は、人工心肺を用いた大伏在静脈のみでのバイパスであったが、その後 vein graft disease³⁾が狭心症の再発の原因として知られるようになり、1980年代初めより左内胸動脈などの動脈グラフトの使用が始まって、術後の遠隔成績が飛躍的に向上した^{4,5)}。しかしながら、1977年に初めて導入された経皮的冠動脈インターベンション(PCI)治療の急速な普及により、狭心症治療が大きく変化した。冠動脈病変が比較的軽微な狭心症や急性心筋梗塞は低侵襲性にすぐれるPCI治療にシフトし、さらに重症の冠動脈病変や左主幹部病変にまでPCI治療が行われるようになった。PCIの普及に伴い、左小開胸下の低侵襲冠動脈バイパス(MIDCAB)や胸骨正中切開下の off-pump 冠動脈バイパス(OPCAB)などの対外循環を使用しないCABGが手術の低侵襲化を目指して開発され、CABGの手術成績もさらに向上してきている。2013年にはSYNTAX trialの5年目の結果が報告され、OPCABが行われた症例は少ないものの、複雑病変の存在する冠動脈3枝病変やLMT病変に対するCABGが、生存率、心筋梗塞の発生、再血行再建術などの点でdrug eluting stent(DES)を含むPCIより優位であることが示されている⁶⁾。

CABGの進化に伴いそのグラフト選択も多種多様になってきており、単純に論じること難しくなっているが、本稿では最近のグラフトデザインを中心に詳述したい。

II. CABG における最近のグラフト選択

CABGにおけるグラフトには、現在のところ内胸動脈(ITA)、大伏在静脈(SVG)、橈骨動脈(RA)、右胃大網動

脈(GEA)などが使用されているが、in situ 動脈グラフトの場合には中枢側の狭窄度による flow competition や吻合可能な範囲の問題などがあり、free グラフトの場合には細い動脈グラフトの中枢吻合や spasm などの問題もある。また、SVGには劣化の問題もあり、遠隔期成績の向上のためには、吻合部位やそれぞれのグラフトの特性に応じたグラフトデザインが重要である。

1. 内胸動脈(ITA)

ITAは、弾性線維に富んだ elastic artery であり、長期開存に優れているため、グラフトの中では第一選択となる。特に、左内胸動脈(LITA)を前下行枝(LAD)に吻合した場合の開存率が、使用され始めた当初から10年で90%前後と優れていることが報告されていた⁷⁾。さらに、最近の報告では開存率が95%前後まで向上しており⁸⁾、gold standard であることは広く認められている。右内胸動脈(RITA)は、LITAに次いで開存率が良いとされている⁹⁾。RITAをLADや回旋枝(Cx)に吻合した場合は、LITAをLADやCxに吻合したと同等の開存率とされるが、右冠動脈(RCA)に吻合した場合にはそれほど開存率は良くないとされている。RITAは、free グラフトとして右冠動脈の後下行枝(4PD)に吻合した場合は開存率が良いとされており⁹⁾、また最近ではSVGやRAの中枢吻合部の直上に吻合することにより、中枢吻合部のトラブルを回避でき、さらに開存率も向上するとも言われている。

以前より、両側ITAの使用(Fig. 1)は理論的には患者の生命予後を改善するとされてきたが、Lytleらにより約10,000例の片側ITAと両側ITAの長期遠隔成績の比較で、両側ITAの有意性が示されて以来、その使用率は急速に増加傾向にある¹⁰⁾。しかしながら、高齢になるにしたがって両側ITAの予後改善効果が減少するという報告¹¹⁾や、インスリン使用糖尿病、慢性透析、慢性肺疾患などの患者では縦隔炎のリスクが増加するとの報告もあり¹²⁻¹⁴⁾、high risk 患者群ではまだまだ議論の多いところである。

狭窄度の低い冠動脈にITAを吻合した場合には、flow competitionを引き起こすとされるが(Fig. 2)、ITAをskeletonizationして径の太いところで吻合すればよいと

藤田保健衛生大学心臓血管外科・呼吸器外科(〒470-1192 愛知県豊明市沓掛町田楽ヶ窪1番地98)
doi: 10.7793/jcoron.19.030

Fig. 1 上行大動脈高度石灰化に対し、両側 ITA グラフトを用いて CABG を行った症例

Fig. 2 やせ現象を呈した ITA グラフト (矢印)

か、大動脈に中枢吻合を置く高流量のグラフトを代わりに吻合する方がよいとか、string sign を起こしても放置しても問題ないとの報告など、まだまだ議論の余地があるが^{15–18)}、ITA から Y-composite とした場合の動脈グラフトの flow competition は閉塞率が高いとの報告は多い^{19–21)}。

2. 大伏在静脈 (SVG)

SVG は第 2 のグラフトとして世界中で広く使用されているが、先に述べたように vein graft disease が問題である。しかしながら、SVG を採取する際に高圧をかけない、太い冠動脈に吻合する、sequential グラフトとして流量を確保する (Fig. 3)、静脈弁の少ない部分を使用する、術後の高脂血症に治療を積極的に行うなどの工夫により^{22–25)}、遠隔成績の向上が期待できる。Key vessel には内胸動脈を使用し、その他の部位に対しては SVG を補足的に用いればよいとの報告は多く²⁶⁾、また両側 ITA を左冠動脈を使用した場合の右冠動脈へのグラフトは、SVG で問題ないとの報告もある^{27, 28)}。

3. 橈骨動脈 (RA)

RA は平滑筋細胞を多く有し、spasm や動脈硬化を来しやすいと言われており、その使用には注意を要する。RA は free グラフトとして使用するため、中枢側吻合部位や冠動脈の狭窄度を考慮しなくてはならない。中枢側吻合部位は上行大動脈か ITA か未だ議論の余地があり、冠動脈の狭窄度により flow competition が生じたり、composite グラフトの場合の ITA の flow capacity も考慮する必要もある^{29–33)}。しかしながら、慎重に使用すれば、free ITA や SVG と遜色ない遠隔期の開存率であるとの報告もあり³⁴⁾、RCA (Fig. 4) や Cx へのバイパスに sequential 吻合等

Fig. 3 SVG を用いて対角枝と回旋枝を sequential 吻合した症例 (矢印)

を組み合わせ用いられている。

4. 右胃大網動脈 (GEA)

GEA は平滑筋細胞を豊富に有する muscular artery であり、in situ graft として用いることができ、RCA の末梢 (4PD, 4AV) や Cx に吻合可能である (Fig. 5)。しかしながら、腹部大動脈からの 3 番目の分枝であり、血流量が不十分であるという報告もあり^{35, 36)}、中枢側の狭窄が高度の冠動脈に吻合したり、skeletonization して径の太いところで吻合するなどの工夫が必要であるが^{28, 36)}、慎重に使用す

Fig. 4 右冠動脈(4PD)にRAを吻合した症例(矢印)

Fig. 5 右冠動脈(4PD)にGEAを吻合した症例(矢印)

れば遠隔成績の向上が期待できる³⁷⁾。

III. OPCAB 時代のグラフト選択

OPCAB は、脳梗塞や心房細動などの周術期合併症や入院死亡を減少させ、入院期間を短縮させる有効な方法であるとされており³⁸⁾、頸動脈病変や上行大動脈に粥腫などの動脈硬化病変が高率に存在する高齢者では、OPCAB が非常に有用である³⁹⁾。特に、患者の高齢化が進む日本においては OPCAB が盛んに行われており、2011 年の冠動脈外科学会のアンケート調査の結果では単独 CABG 患者の 67% が OPCAB で行われている。しかしながら、OPCAB の完遂に重点を置きすぎて十分に血行再建を行わないと、早期や遠隔期の死亡率を増加させることになるので注意が必要であり^{40–42)}、オンポンプ心拍動下 CABG や PCI との hybrid 治療なども考慮に入れるべきである。

OPCAB においては、上行大動脈への中樞吻合が問題となる。Side clamp を用いる手技は、粥腫などの動脈硬化病変が存在する場合には脳梗塞のリスクが上昇する^{43–45)}が、epiaortic echo を用いて硬化病変が少ないものだけに用いられれば問題ないかもしれない。また、Heart-String などの中樞側吻合デバイスを用いて中樞側吻合を行う手技は、epiaortic echo と組み合わせれば脳梗塞の発生はほとんどなく、大変有用との報告もある⁴⁶⁾。

上行大動脈への中樞吻合を全く行わない total arterial graft は、オンポンプで行っても早期の成績は良好であるとの報告もあり^{47, 48)}、OPCAB と組み合わせると aorta no touch technique が可能となる⁴⁹⁾。しかしながら、この方法は inflow をすべて動脈グラフトに頼ることになり、また両側 ITA だけでなく in situ GEA や、RA による composite

graft を使用することにもなる。特に、in situ graft による sequential bypass や composite graft は、flow competition を生じやすいので、注意深いグラフトデザインが必要である。

OPCAB 時代に盛んになってきたのは、動脈グラフトの skeletonization である。この方法によりグラフトの長さを確保でき、グラフトの血流量を増加できる。特に、Harmonic Scalpel を用いた内胸動脈の剥離は、剥離時の熱傷が少なく、分枝の処理も簡単なので、短時間で採取が可能となる。Skeletonization 法は、ITA のみではなく、GEA にも用いることができ、in situ graft の到達範囲が拡大できる。また、胸骨への側副血行路の温存や、神経温存により感染や疼痛の軽減が指摘されている⁵⁰⁾。

MIDCAB の進化型ともいえる左開胸下の多枝 CABG (MICS-CABG) が、欧米で増加してきている。弁膜症に対する MICS が日本でも増加してきているなか、胸骨を切らない MICS-CABG は、侵襲からいえば最も低い手術となり、早期の社会復帰と美容的要素が期待できる。しかしながら、現在の方法では右冠動脈には到達できず、in situ graft は LITA のみの使用であり、中樞吻合は side clamp を使用することが多いようである⁵¹⁾。内視鏡を駆使して両側内胸動脈を使用し、右冠動脈領域には小切開で GEA 等を使用することができれば、完成度の高い CABG となり得るので、今後の進化を期待したい。

IV. 冠動脈再手術時のグラフト選択

CABG において動脈グラフトの使用率が上昇してくるとともに、冠動脈再手術(re-CABG)は減少してきているが、以前より言われていた vein graft disease による粥腫の冠動脈への塞栓に加え、開存動脈グラフト損傷のリス

ク、再手術患者の高齢化などがクローズアップされている。動脈硬化の強い症例ではinflowとしてRITAやGEAを使用して、targetにとどかなければ、I-compositeとすることも選択肢の一つとなる。

LADに吻合された狭窄SVGはITAに置換することが望ましいが⁵²⁾、SVG吻合部上流は完全閉塞となっていることが多く、心停止下手術の場合にITAのhypoperfusion syndromeが問題となる^{53, 54)}。心拍動下の手術を行えば、術中の各グラフトの流量を計測しつつ、対角枝領域にgraftを追加するなどの処置が可能となる。この際に、狭窄SVG内の粥腫の飛散に注意しなくてはならない。

LAD領域に局限している虚血であれば、MIDCABやRITAを使ったOPCABがいい適応となる。LITA-LADの開存している症例では、右冠動脈領域や回旋枝領域に限られた血行再建が必要となることもある。動脈硬化の強い症例ではinflowとしてRITAやGEAを使用して、targetにとどかなければ、I-composite⁵⁵⁾とすることも選択肢の一つとなる。右冠動脈領域に低侵襲にバイパスを行うのであれば、上腹部小切開下にGEAを採取し、横隔膜を切開して吻合する方法がよく用いられている⁵⁶⁾。左開胸下での回旋枝へのバイパスは、LITAが使用されている場合にはinflowが問題となる。左鎖骨下動脈をinflowにした場合⁵⁷⁾にはSVGのlong graftとなるが、遠隔期に閉塞の危険性が高くなる。下行大動脈をinflowにした場合には⁵⁸⁾、動脈硬化が強いことやSVGのkinkなどが危惧される。Epi-aortic echoを用いて動脈硬化の軽いところを選択し、中枢側デバイスを用いてRAを吻合するとこういった危険を回避できることもある。この他、GEAを用いてもCx領域へのバイパスは可能である。

V. おわりに

CABGのグラフトデザインは時代とともに変化して多様化してきているが、患者の年齢、冠動脈の吻合部位や病変の狭窄度、グラフトの性状などを勘案し、単にtotal arterial graftにこだわるのではなく、術後の合併症や遠隔成績を最も向上させるグラフトを選択することが大切である。CABGの手術成績は飛躍的に向上しているが、超高齢化社会に突入しつつある日本の現状では、今後さらなる手術の低侵襲化や新しいグラフトデザインが必要となってくると思われる。

文 献

- 1) Favaloro RG: Saphenous vein graft in the surgical treatment of coronary artery disease. Operative technique. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1969; **58**: 178–185
- 2) Garrett HE, Dennis EW, DeBakey ME: Aortocoronary bypass with saphenous vein graft. Seven-year follow-up. *JAMA* 1973; **223**: 792–794
- 3) Lytle BW, Loop FD, Taylor PC, et al: Vein graft disease: the clinical impact of stenoses in saphenous vein bypass grafts to coronary arteries. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1992; **103**: 831–840
- 4) Loop FD, Lytle BW, Cosgrove DM, et al: Influence of the internal-mammary-artery graft on 10-year survival and other cardiac events. *N Engl J Med* 1986; **314**: 1–6
- 5) Yusuf S, Zucker D, Peduzzi P, et al: Effect of coronary artery bypass graft surgery on survival: overview of 10-year results from randomised trials by the Coronary Artery Bypass Graft Surgery Trialists Collaboration. *Lancet* 1994; **344**: 563–570
- 6) Mohr FW, Morice MC, Kappetein AP, et al: Coronary artery bypass graft surgery versus percutaneous coronary intervention in patients with three-vessel disease and left main coronary disease: 5-year follow-up of the randomised, clinical SYNTAX trial. *Lancet* 2013; **381**: 629–638
- 7) Ivert T, Huttunen K, Landou C, et al: Angiographic studies of internal mammary artery grafts 11 years after coronary artery bypass grafting. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1988; **96**: 1–12
- 8) Sabik JF, Lytle BW, Blackstone EH, et al: Comparison of saphenous vein and internal thoracic artery graft patency by coronary system. *Ann Thorac Surg* 2005; **79**: 544–551; discussion 544–551
- 9) Shah PJ, Durairaj M, Gordon I, et al: Factors affecting patency of internal thoracic artery graft: clinical and angiographic study in 1434 symptomatic patients operated between 1982 and 2002. *Eur J Cardiothorac Surg* 2004; **26**: 118–124
- 10) Lytle BW, Blackstone EH, Loop FD, et al: Two internal thoracic artery grafts are better than one. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1999; **117**: 855–872
- 11) Mohammadi S, Dagenais F, Doyle D, et al: Age cut-off for the loss of benefit from bilateral internal thoracic artery grafting. *Eur J Cardiothorac Surg* 2008; **33**: 977–982
- 12) Kramer A, Mastsa M, Paz Y, et al: Bilateral skeletonized internal thoracic artery grafting in 303 patients seventy years and older. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2000; **120**: 290–297
- 13) Gansera B, Schmidler F, Gillrath G, et al: Does bilateral ITA grafting increase perioperative complications? Outcome of 4462 patients with bilateral versus 4204 patients with single ITA bypass. *Eur J Cardiothorac Surg* 2006; **30**: 318–323
- 14) Savage EB, Grab JD, O'Brien SM, et al: Use of both internal thoracic arteries in diabetic patients increases deep sternal wound infection. *Ann Thorac Surg* 2007; **83**: 1002–1006
- 15) Chow MS, Sim E, Orszulak TA, et al: Patency of internal thoracic artery grafts: comparison of right versus left and importance of vessel grafted. *Circulation* 1994; **90**: II129–II132
- 16) Kawasuji M, Sakakibara N, Takemura H, et al: Is internal thoracic artery grafting suitable for a moderately stenotic coronary artery? *J Thorac Cardiovasc Surg* 1996; **112**: 253–259
- 17) Buxton BF, Ruengsakulrach P, Fuller J, et al: The right internal thoracic artery graft—benefits of grafting the left coronary system and native vessels with a high grade stenosis. *Eur J Cardiothorac Surg* 2000; **18**: 255–261
- 18) Gaudino M, Alessandrini F, Nasso G, et al: Severity of coronary artery stenosis at preoperative angiography and midterm mam-

- mary graft status. *Ann Thorac Surg* 2002; **74**: 119–121
- 19) Maniar HS, Barner HB, Bailey MS, et al: Radial artery patency: are aortocoronary conduits superior to composite grafting? *Ann Thorac Surg* 2003; **76**: 1498–1503; discussion 1503–1504
- 20) Lemma M, Mangini A, Gelpi G, et al: Is it better to use the radial artery as a composite graft? Clinical and angiographic results of aorto-coronary versus Y-graft. *Eur J Cardiothorac Surg* 2004; **26**: 110–117
- 21) Nezić DG, Knezević AM, Milojević PS, et al: The fate of the radial artery conduit in coronary artery bypass grafting surgery. *Eur J Cardiothorac Surg* 2006; **30**: 341–346
- 22) Dion R, Glineur D, Derouck D, et al: Complementary saphenous grafting: long-term follow-up. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2001; **122**: 296–304
- 23) Arima M, Kanoh T, Suzuki T, et al: Serial angiographic follow-up beyond 10 years after coronary artery bypass grafting. *Circ J* 2005; **69**: 896–902
- 24) Desai ND, Naylor CD, Kiss A, et al: Impact of patient and target-vessel characteristics on arterial and venous bypass graft patency: insight from a randomized trial. *Circulation* 2007; **115**: 684–691
- 25) Hayward PA, Buxton BF: Contemporary coronary graft patency: 5-year observational data from a randomized trial of conduits. *Ann Thorac Surg* 2007; **84**: 795–799
- 26) Baskett RJ, Cafferty FH, Powell SJ, et al: Total arterial revascularization is safe: multicenter ten-year analysis of 71,470 coronary procedures. *Ann Thorac Surg* 2006; **81**: 1243–1248
- 27) Pevni D, Uretzky G, Yosef P, et al: Revascularization of the right coronary artery in bilateral internal thoracic artery grafting. *Ann Thorac Surg* 2005; **79**: 564–569
- 28) Esaki J, Koshiji T, Okamoto M, et al: Gastroepiploic artery grafting does not improve the late outcome in patients with bilateral internal thoracic artery grafting. *Ann Thorac Surg* 2007; **83**: 1024–1029
- 29) Maniar HS, Barner HB, Bailey MS, et al: Radial artery patency: are aortocoronary conduits superior to composite grafting? *Ann Thorac Surg* 2003; **76**: 1498–1503
- 30) Lemma M, Mangini A, Gelpi G, et al: Is it better to use the radial artery as a composite graft? Clinical and angiographic results of aorto-coronary versus Y-graft. *Eur J Cardiothorac Surg* 2004; **26**: 110–117
- 31) Légaré JF, Buth KJ, Sullivan JA, et al: Composite arterial grafts versus conventional grafting for coronary artery bypass grafting. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2004; **127**: 160–166
- 32) Nezić DG, Knezević AM, Milojević PS, et al: The fate of the radial artery conduit in coronary artery bypass grafting surgery. *Eur J Cardiothorac Surg* 2006; **30**: 341–346
- 33) Desai ND, Naylor CD, Kiss A, et al: Impact of patient and target-vessel characteristics on arterial and venous bypass graft patency: insight from a randomized trial. *Circulation* 2007; **115**: 684–691
- 34) Buxton BF, Raman JS, Ruengsakulrach P, et al: Radial artery patency and clinical outcomes: five-year interim results of a randomized trial. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2003; **125**: 1363–1371
- 35) Shimizu T, Suesada H, Cho M, et al: Flow capacity of gastroepiploic artery versus vein grafts for intermediate coronary artery stenosis. *Ann Thorac Surg* 2005; **80**: 124–130
- 36) Kim KB, Cho KR, Choi JS, et al: Right gastroepiploic artery for revascularization of the right coronary territory in off-pump total arterial revascularization: strategies to improve patency. *Ann Thorac Surg* 2006; **81**: 2135–2141
- 37) Suzuki T, Asai T, Nota H, et al: Early and long-term patency of in situ skeletonized gastroepiploic artery after off-pump coronary artery bypass graft surgery. *Ann Thorac Surg* 2013; **96**: 90–95
- 38) Møller CH, Penninga L, Wetterslev J, et al: Clinical outcomes in randomized trials of off- vs. on-pump coronary artery bypass surgery: systematic review with meta-analyses and trial sequential analyses. *Eur Heart J* 2008; **29**: 2601–2616
- 39) Kotoh K, Fukahara K, Doi T, et al: Predictors of early postoperative cerebral infarction after isolated off-pump coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg* 2007; **83**: 1679–1683
- 40) Osswald BR, Blackstone EH, Tochtermann U, et al: Does the completeness of revascularization affect early survival after coronary artery bypass grafting in elderly patients? *Eur J Cardiothorac Surg* 2001; **20**: 120–125, discussion 125–126
- 41) Pierard LA: Cardiac surgery in octogenarians: who, when and how? *Eur Heart J* 2001; **22**: 1159–1161
- 42) Kozower BD, Moon MR, Barner HB, et al: Impact of complete revascularization on long-term survival after coronary artery bypass grafting in octogenarians. *Ann Thorac Surg* 2005; **80**: 112–116; discussion 116–117
- 43) Diegeler A, Hirsch R, Schneider F, et al: Neuromonitoring and neurocognitive outcome in off-pump versus conventional coronary bypass operation. *Ann Thorac Surg* 2000; **69**: 1162–1166
- 44) Lev-Ran O, Braunstein R, Sharony R, et al: No-touch aorta off-pump coronary surgery: the effect on stroke. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2005; **129**: 307–313
- 45) Guerrieri Wolf L, Abu-Omar Y, Choudhary BP, et al: Gaseous and solid cerebral microembolization during proximal aortic anastomoses in off-pump coronary surgery: the effect of an aortic side-biting clamp and two clampless devices. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2007; **133**: 485–493
- 46) Emmert MY, Seifert B, Wilhelm M, et al: Aortic no-touch technique makes the difference in off-pump coronary artery bypass grafting. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2011; **142**: 1499–1506
- 47) Muneretto C, Negri A, Manfredi J, et al: Safety and usefulness of composite grafts for total arterial myocardial revascularization: a prospective randomized evaluation. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2003; **125**: 826–835
- 48) Muneretto C, Negri A, Bisleri G, et al: Is total arterial myocardial revascularization with composite grafts a safe and useful procedure in the elderly? *Eur J Cardiothorac Surg* 2003; **23**: 657–664; discussion 664
- 49) Matsuura K, Kobayashi J, Tagusari O, et al: Off-pump coronary artery bypass grafting using only arterial grafts in elderly patients. *Ann Thorac Surg* 2005; **80**: 144–148
- 50) Athanasiou T, Crossman MC, Asimakopoulos G, et al: Should the internal thoracic artery be skeletonized? *Ann Thorac Surg*

- 2004; **77**: 2238–2246
- 51) McGinn JT, Usman S, Lapierre H, et al: Minimally invasive coronary artery bypass grafting: dual-center experience in 450 consecutive patients. *Circulation* 2009; **120**: S78–S84
- 52) Di Mauro M, Iacò AL, Contini M, et al: Reoperative coronary artery bypass grafting: analysis of early and late outcomes. *Ann Thorac Surg* 2005; **79**: 81–87
- 53) Jones EL, Lattouf OM, Weintraub WS: Catastrophic consequences of internal mammary artery hypoperfusion. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1989; **98**: 902–907
- 54) Navia D, Cosgrove DM 3rd, Lytle BW, et al: Is the internal thoracic artery the conduit of choice to replace a stenotic vein graft? *Ann Thorac Surg* 1994; **57**: 40–43
- 55) Takahashi K, Daitoku K, Minakawa M, et al: Coronary artery bypass grafting using an abdominal artery as an inflow. *Ann Thorac Surg* 2006; **82**: 69–73
- 56) Takahashi K, Minakawa M, Kondo N, et al: Coronary artery bypass surgery by the transdiaphragmatic approach. *Ann Thorac Surg* 2002; **74**: 700–703
- 57) Magovern JA, Hunter TJ, Yoon PD: Clinical results with left axillary to left anterior descending coronary artery bypass. *Ann Thorac Surg* 2001; **71**: 561–564
- 58) Suma H, Kigawa I, Horii T, et al: Coronary artery reoperation through the left thoracotomy with hypothermic circulatory arrest. *Ann Thorac Surg* 1995; **60**: 1063–1066