

冠動脈再手術：アプローチとグラフトの選択

那須 通寛

Nasu M: **Surgical strategy for repeat coronary revascularization.** J Jpn Coron Assoc 2009; 15: 67-70

I. はじめに

Garrettら¹⁾により1967年に大伏在静脈を用いた大動脈-冠動脈バイパス術が行われ、その後Favaloro²⁾により広められ、狭心症患者に対する最も有効な治療手段として確立された。しかし、移植早期における血栓形成、中期における内膜過形成、遠隔期における動脈硬化性病変の進行により静脈グラフトの閉塞、狭窄が生じ、狭心症の再発の原因として“vein graft disease”が知られるようになった。術後遠隔期におけるvein graft diseaseに起因する狭心症の再発に対する再手術の早期死亡率は、4.2~11.4%^{3, 4)}と報告されており、明らかに初回手術の成績より劣っている。再手術の問題点は高齢者が多いこと、胸骨再切開時のグラフトあるいは心臓損傷、劣化静脈グラフト内粥腫塞栓による心筋梗塞、心筋保護法の不確実性が考えられる。これらの問題点を克服する工夫がさまざまに行われているので、本稿ではこれらの工夫とカテーテル治療の成績と併せて詳述する。

II. 静脈グラフトに対するカテーテル治療：PCI

静脈グラフトの閉塞による急性心筋梗塞に対する治療は、梗塞領域心筋のsalvageの観点からは再還流の迅速性を考えた場合、経皮的冠動脈インターベンション(PCI)が第一選択と考えられる。しかし、その成績は満足できるものではない。Brodieら⁵⁾は、TIMI 3 flowを得た成功率は80.3%、病院死亡率21.1%、開存率は1年64%、5年56%と通常の急性心筋梗塞に対するPCIと比較して不良であることを報告している。このことは、急性期のPCI後に、時期を失することなく手術を考慮する必要があることを示している。

vein graft diseaseに陥ったグラフトに対する待機的PCIの成績は、distal protection deviceの出現の前後で違いがあると思われる。distal protection deviceを使用しなかった成績は、Kalyanasundaramら⁶⁾は初期成功率は

95.6%と高率であったが、グラフト内血栓量の多いものは、30 day MACEが高率であることを報告している。Hongら⁷⁾の検討では、PCIが成功した1056例のうちPCI後のCPK-MBの上昇を認めたものを47.3%の症例で認めており、1年後の死亡率はCPK上昇のなかったものの4.8%に対して、正常の5倍以上の上昇を認めたものは11.7%と有意に高率であった。グラフト内血栓、粥腫様変成物質の冠動脈への塞栓がCPKの上昇の原因であり、遠隔成績悪化の原因であるとした。冠動脈に対するPCI時の周術期心筋梗塞と遠隔成績との関係が多く報告されており、これらのことを踏まえていくつかのdistal protection deviceが開発された。おもにfilter-based catheterとballoon occlusion and aspiration systemに大別される。前者のほうが、手技中も末梢冠動脈への還流は障害されない点で、好む術者が多いようであるが、その効果には差はないと思われる。2005年のAHA guideline update⁸⁾においても、Class I, level of evidence Bとして、静脈グラフトに対するPCIにおけるdistal protection deviceの使用を推奨している。

冠動脈へのPCIの長期成績を改善するdrug eluting stent (DES)の効果は、静脈グラフトに対するPCIでは顕著でなく、Tsuchidaらの報告⁹⁾では1年までのevent free survival rateは70~85%と不良であり、患者のcomorbidityを考慮しつつ手術を常に念頭に置く必要がある。

III. すべてのグラフトが閉塞した症例に対する再手術

グラフト完全閉塞例の再手術は、グラフト内粥腫の冠動脈への塞栓の可能性が極めて低く、胸骨再切開でのグラフト損傷の危険もなく、開存グラフトが存在する症例の再手術より安全に行うことができる。胸骨再切開時の大動脈損傷、右室損傷を回避する必要があるが、従来の画像診断に加えて3D-CT所見が有用であることが報告されている^{10, 11)}

心拍動下手術、心停止下手術にかかわらず、遠隔期の心事故の軽減のために完全血行再建を基本方針とすべきである¹²⁾。

神戸市立医療センター中央市民病院心血管外科(〒650-0046 神戸市中央区港島中町4-6)

IV. 開存静脈グラフトを有する症例に対する再手術

vein graft disease に陥った開存静脈グラフトを有する症例の再手術は、グラフト閉塞症例に比較して、手術死亡率が高い。その原因としてグラフト・心大血管損傷による出血、グラフト内粥腫様物質の冠動脈塞栓、心筋保護の不徹底、剥離操作に起因する体外循環・心停止時間の延長、目標冠動脈の同定困難による不完全血行再建などが考えられる。

1. LITA の hypoperfusion syndrome

左前下行枝(LAD)に吻合された狭窄静脈グラフトを左内胸動脈(LITA)グラフトに交換することは、遠隔期成績を向上させる重要な因子¹³⁾である。しかし、静脈グラフトを吻合されているLADは近位部で完全閉塞となっていることが多く、心停止下で手術を行った場合LITAのhypoperfusion syndromeが問題となる。Jonesら¹⁴⁾は、LAD近位部90%狭窄例に対して内径2mm未満のLITAを吻合した場合、LITAのhypoperfusion syndromeが起りやすいことを報告している。著者ら¹⁵⁾はLITAの術後早期のATP負荷によるグラフト血流予備能を検討し、LAD完全閉塞例に吻合したLITAの血流予備能は1.8前後であり、正常冠動脈の血流予備能には及ばないことを報告している。Naviaら¹⁶⁾は、387例の再手術例をLADへのバイパスの方法を4群に分け、旧静脈グラフトを切断しLITAを吻合した時の死亡率が7.9%と高いのに対し、LITAを吻合し旧静脈グラフトをそのままに放置するかまたは旧静脈グラフトを切断し新しく静脈グラフトを対角枝へ追加した群で死亡例がなく、LITA以外の血流源を確保することをhypoperfusion syndromeに対する対処法としている。しかし、静脈グラフトの追加あるいは開存した旧静脈グラフトの放置はLITAの先細り現象の原因となり、LITAの長期開存を損なう可能性が高いと思われる。われわれの経験でも中等度の狭窄を認める旧静脈グラフトを残してLITAを吻合した症例において早期造影でLITAと静脈グラフトの競合現象を認め、遠隔期狭心症の再発時にLITAの高度の先細り現象が観察され、旧静脈グラフトのPCIを行う必要があった。したがって、遠隔期を考えた場合は旧静脈グラフトを切断するほうが良いと考えられる。これらLITAに内在する術中、術後遠隔期における問題点を解決するために、術中心筋虚血の軽減が必要である。この意味において逆行性心筋保護法の導入¹⁷⁾による徹底した心筋保護、あるいは心拍動下手術の導入などが一つの解決法と考えられる。

2. グラフト内粥腫による冠動脈塞栓

再手術の成績を悪くさせている原因の一つはグラフト内粥腫の冠動脈塞栓による周術期心筋梗塞¹⁸⁾である。心臓周囲の剥離操作中に静脈グラフトに触れることによって起こる。この再手術特有の問題を解決する方法としてGrondinら¹⁹⁾は、体外循環前の剥離は大動脈周囲、右心

房周囲のみに留めておき、体外循環開始した後静脈グラフトを切断し、静脈グラフトの大動脈吻合部で結紮し心停止後に心臓周囲を剥離しつつ末梢吻合、中枢吻合をsingle clampで行うことで、周術期心筋梗塞を最小限に留めることができたことを報告した。しかし、Grondinらは保護液を順行性のみで行っており、心筋保護液投与経路に問題があると思われる。Gundryら¹⁷⁾は、blind techniqueで冠静脈洞へカニューラを挿入し、逆行性心筋保護法のみで行うことで、飛散した粥腫物質も洗い流すことができる効果もあり、有効であったことを報告した。近年の拍動下冠動脈バイパス術(CABG)に使用する道具の進歩は著しく、吸引型のheart positionerの出現で、用手的に心臓、グラフトを圧迫することなく心臓周囲の剥離を行うことが可能になってきつつある²⁰⁾。また、再手術時の剥離操作にharmonic scalpelが有効であることが報告²¹⁾されている。これらの道具の活用により拍動下CABGで心筋障害を最小に留めることができるようになりつつある。

3. inflow site の選定

再手術対象患者は動脈硬化素因の強い高齢者が多いと考えられ、術前CT、術中大動脈表面エコーにより大動脈遮断、遊離グラフトの吻合部位を検討することは必須であると考えられる。大動脈遮断のできるものでは、旧静脈グラフトの中枢吻合部を利用できる。限局した石灰化があり大動脈遮断のできないものでは、proximal anastomotic devicesの利用により大動脈にinflow siteをおくことができる。高度な粥状変成の認められるものでは、腋窩動脈を利用した静脈グラフトによるlong bypassを行うか、胃大網動脈(GEA)あるいは右内胸動脈(RITA)と撓骨動脈のI-composite graftを利用することが、合併症を回避する良い方法と考えられる。

V. 限局した虚血病変を有する症例に対する再手術

Loopら¹³⁾がLITA-LADバイパスの良好な遠隔期成績を報告して以来、現在ではほとんどのCABG症例ではLITAが使用されている。したがって再手術時には回旋枝領域、右冠動脈領域に限られた血行再建術が必要な症例が散見されるようになった。また、初回の手術が静脈グラフトのみで行われていても、血管造影上、LAD以外に吻合された静脈グラフトの動脈硬化性病変が軽微なものでは、MIDCAB(minimally invasive direct coronary artery bypass)が良い適応と考えられる。

1. LAD への小開胸による再手術

虚血所見がLADに限局した症例の再手術に対するMIDCABの応用は数多く行われてきた。Miyajiら²²⁾、Trehanら²³⁾はMIDCABの良好な早期成績を報告しており、さらにJacobsら²⁴⁾は4年生存率74.8%、心事故回避率81%と良好な遠隔期成績を報告している。LITAがすでに使用されている場合は、GEAを使用することも可能である。

2. 回旋枝への左開胸による再手術

左開胸による回旋枝領域への血行再建術は1982年ごろより報告がある^{25, 26)}。大腿動静脈バイパス、中等度低体温、心室細動下に大伏在静脈グラフトを回旋枝に吻合し、中枢側吻合部位は下行大動脈または左鎖骨下動脈を使用している。Sumaら²⁷⁾も同様な方法で再々手術を行っているが、グラフト材料として遊離GEAも使用し、また少数例ではあるが心拍動下での手術を試みている。近年の心拍動下CABGの技術の進歩により低侵襲で手術を行うことができるようになった。末梢吻合は正中切開の時とは違い心臓の脱転の必要がなく、補助循環を用いなくても安定した血行動態下に行うことができる。しかし、最近の症例では下行大動脈に広範な石灰化、粥腫を認めることが多く、中枢側吻合部位の決定に難渋することがある。特に小開胸で行う場合は、左鎖骨下動脈に胸腔内で吻合することは困難なため、左腋窩動脈を中枢吻合部位としグラフトを肋間を通して胸腔内へ誘導することができる²⁸⁾が、静脈のlong bypassとなる欠点がある。Watanabeら²⁹⁾は再手術例ではないが、MIDCABを行う際に左胸背動脈と撓骨動脈とのcomposite graftを製作し、回旋枝へ吻合する症例を報告しているが、一つのオプションとして記憶すべき方法である。

3. 右冠動脈への経横隔膜の再手術

Uppalら³⁰⁾は、右開胸によりRITAを右冠動脈本幹へ吻合することを報告している。5例ではoff pumpで、4例では中等度低体温、心室細動下に行っている。その後Grandjeanら³¹⁾は胸骨をT字切開することで、右冠動脈に到達しGEAを吻合する方法を報告した。低侵襲化を目指してFongerら³²⁾、Takahashiら³³⁾は、開腹創より横隔膜を切開することで右冠動脈へ到達しGEAを吻合することを報告し、さらにGEAの不良であった場合の対処法として胃十二指腸動脈、左胃動脈などをinflowとして静脈グラフトあるいは撓骨動脈グラフトを右冠動脈へ吻合することを報告³⁴⁾している。

VI. おわりに

再手術の成績は経年的に向上している。特に、心拍動下に冠動脈吻合が可能となってからは、心筋保護効果の向上、グラフト材料の選択などを含めて手術方法に複数のオプションが考えられるようになった。われわれの施設では、過去23年間に89例の再手術を経験し、1997年以前の正中切開、心停止下手術を全例に行っていた時代は、33例中3例の手術死亡を認めたが、心拍動下の技術を導入し、患者のcomorbidityに応じて術式を選択するようになった1997年以降の56例では手術死亡を認めていない。しかし、再手術であっても血行再建の目標は、Mauroら¹²⁾、Czernyら³⁵⁾の報告のように完全血行再建を基本とすべきであり、ハイリスク症例に限って人工心肺非使用冠動脈バイパス術(OPCAB)を選択すべきであ

り、患者のcomorbidityを十分考慮して術式を決定すべきである。

文 献

- 1) Garrett HE, Dennis EW, DeBakey ME: Aortocoronary bypass with saphenous vein graft: seven years follow-up. *JAMA* 1973; **223**: 792-794
- 2) Favalaro RG: Saphenous vein graft in the surgical treatment of coronary artery disease: operative technique. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1969; **58**: 178-185
- 3) He GW, Acuff TE, Ryan WH, He YH, Mack MJ: Determinants of operative mortality in reoperative coronary artery bypass grafting. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1995; **110**: 971-978
- 4) Akins CW, Buckley MJ, Daggett WM, Hilgenberg AD, Vlahakes GJ, Torchiana DF, Austen WG: Reoperative coronary grafting: changing patient profiles, operative indications, techniques, and results. *Ann Thorac Surg* 1994; **58**: 359-365
- 5) Brodie BR, VerSteeg DS, Brodie MM, Hansen C, Richter SJ, Stuckey TD, Gupta N, Pulsipher M, Downey W: Poor long-term patient and graft survival after primary percutaneous coronary intervention for acute myocardial infarction due to saphenous vein graft occlusion. *Catheter Cardiovasc Interv* 2005; **65**: 504-509
- 6) Kalyanasundaram A, Blankenship JC, Berger P, Herrmann H, McClure R, Moliterno D: Thrombus predicts ischemic complications during percutaneous coronary intervention in saphenous vein grafts: results from TARGET. *Catheter Cardiovasc Interv* 2007; **69**: 623-629
- 7) Hong MK, Mehran R, Dangas G, Mintz GS, Lansky AJ, Pichard AD, Kent KM, Satler LF, Stone GW, Leon MB: Creatine kinase-MB enzyme elevation following successful saphenous vein graft intervention is associated with late mortality. *Circulation* 1999; **100**: 2400-2405
- 8) Smith SC Jr, Feldman TE, Hirshfeld JW Jr, Jacobs AK, Kern MJ, King SB 3rd, Morrison DA, O'Neill WW, Schaff HV, Whitlow PL, Williams DO, Antman EM, Adams CD, Anderson JL, Faxon DP, Fuster V, Halperin JL, Hiratzka LF, Hunt SA, Nishimura R, Ornato JP, Page RL, Riegel B: ACC/AHA/SCAI 2005 Guideline Update for Percutaneous Coronary Intervention—summary article: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Circulation* 2006; **113**: 156-175
- 9) Tsuchida K, Ong AT, Aoki J, van Mieghem CA, Rodriguez Granillo GA, Valgimigli M, Sianos G, Regar E, McFadden EP, van der Giessen WJ, de Feyter PJ, de Jaegere PP, van Domburg RT, Serruys PW: Immediate and one-year outcome of percutaneous intervention of saphenous vein graft disease with paclitaxel-eluting stents. *Am J Cardiol* 2005; **96**: 395-398
- 10) Kamdar AR, Meadows TA, Roselli EE, Gorodeski EZ, Curtin RJ, Sabik JF, Schoenhagen P, White RD, Lytle BW, Flamm SD, Desai MY: Multidetector computed tomographic angiography in planning of reoperative cardiothoracic surgery. *Ann Thorac Surg* 2008; **85**: 1239-1245
- 11) Gasparovic H, Rybicki FJ, Millstine J, Unic D, Byrne JG,

- Yucel K, Mihaljevic T: Three dimensional computed tomographic imaging in planning the surgical approach for redo cardiac surgery after coronary revascularization. *Eur J Cardiothorac Surg* 2005; **28**: 244-249
- 12) Di Mauro M, Iacò AL, Contini M, Teodori G, Vitolla G, Pano M, Di Giammarco G, Calafiore AM: Reoperative coronary artery bypass grafting: analysis of early and late outcomes. *Ann Thorac Surg* 2005; **79**: 81-87
 - 13) Loop FD, Lytle BW, Cosgrove DM, Stewart RW, Goormastic M, Williams GW, Golding LA, Gill CC, Taylor PC, Sheldon WC: Influence of the internal-mammary-artery graft on 10-year survival and other cardiac events. *N Engl J Med* 1986; **314**: 1-6
 - 14) Jones EL, Lattouf OM, Weintraub WS: Catastrophic consequences of internal mammary artery hypoperfusion. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1989; **98**: 902-907
 - 15) 那須通寛, 藤原 洋, 岡田行功, 庄村東洋: 左内胸動脈グラフトの血流予備能の術後経時的変化に対する検討. *冠疾患誌* 1998; **4**: 67-70
 - 16) Navia D, Cosgrove DM 3rd, Lytle BW, Taylor PC, McCarthy PM, Stewart RW, Rosenkranz ER, Loop FD: Is the internal thoracic artery the conduit of choice to replace a stenotic vein graft? *Ann Thorac Surg* 1994; **57**: 40-44
 - 17) Gundry SR, Razzouk AJ, Vigessaa RE, Wang N, Bailey LL: Optimal delivery of cardioplegic solution for "redo" operations. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1992; **103**: 896-901
 - 18) Keon WJ, Heggtveit HA, Leduc J: Perioperative myocardial infarction caused by atheroembolism. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1982; **84**: 849-855
 - 19) Grondin CM, Pomar JL, Hébert Y, Bosch X, Santos JM, Enjalbert M, Campeau L: Reoperation in patients with patent atherosclerotic coronary vein grafts. A different approach to a different disease. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1984; **87**: 379-385
 - 20) Luciani N, Anselmi A, Gaudino M, Nasso G, Glieca F, Martinelli L, Santarelli F, Perisano M, Possati G: Harmonic scalpel reduced bleeding and postoperative complications in redo cardiac surgery. *Ann Thorac Surg* 2005; **80**: 934-938
 - 21) Niinami H, Suda Y, Takeuti Y: Starfish heart positioner and harmonic scalpel for redo off-pump coronary bypass. *Asian Cardiovasc Thorac Ann* 2003; **11**: 177-179
 - 22) Miyaji, K, Wolf RK, Flege JB Jr: Minimally invasive direct coronary artery bypass for redo patients. *Ann Thorac Surg* 1999; **67**: 1677-1681
 - 23) Trehan N, Mishra YK, Malhotra R, Sharma KK, Mehta Y, Shrivastava S: Off-pump redo coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg* 2000; **70**: 1026-1029
 - 24) Jacobs S, Holzhey D, Walther T, Falk V, Mohr FW: Redo minimally invasive direct coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg* 2005; **80**: 1336-1339
 - 25) Cheung D, Flemma R, Mullen DC, Lepley D Jr: An alternative approach to isolated circumflex coronary bypass reoperations. *Ann Thorac Surg* 1982; **33**: 302-303
 - 26) Knight JL, Cohn LH: Left thoracotomy and femoro-femoral bypass for reoperative revascularization of the posterior coronary circulation. *J Card Surg* 1987; **2**: 343-349
 - 27) Suma H, Kigawa I, Horii T, Tanaka J, Fukuda S, Wanibuchi Y: Coronary artery reoperation through the left thoracotomy with hypothermic circulatory arrest. *Ann Thorac Surg* 1995; **60**: 1063-1066
 - 28) 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
 - 29) Watanabe G, Misaki T, Kotoh K, Ueyama K: Left thoracodorsal artery as an inflow graft for minimally invasive direct coronary artery bypass grafting. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1998; **116**: 524-525
 - 30) Uppal R, Wolf WG, Lowe JE, Smith PK: Right thoracotomy for reoperative tight coronary artery bypass procedures. *Ann Thorac Surg* 1994; **57**: 123-125
 - 31) Grandjean JG, Mariani MA, Ebels T: Coronary reoperation via small laparotomy using right gastroepiploic artery without CPB. *Ann Thorac Surg* 1996; **61**: 1853-1855
 - 32) Fonger JD, Doty JR, Salazar JD, Walinsky PL, Salomon NW: Initial experience with MIDCAB grafting using the gastroepiploic artery. *Ann Thorac Surg* 1999; **68**: 431-436
 - 33) Takahashi K, Minakawa M, Kondo N, Oikawa S, Hatakeyama M: Coronary artery bypass surgery by the transdiaphragmatic approach. *Ann Thorac Surg* 2002; **74**: 700-703
 - 34) Takahashi K, Daitoku K, Minakawa M, Kondo N, Naito K, Oikawa S: Coronary artery bypass grafting using an abdominal artery as an inflow. *Ann Thorac Surg* 2006; **82**: 69-73
 - 35) Czerny M, Zimpfer D, Kilo J, Gottardi R, Dunkler D, Wolner E, Grimm M: Coronary reoperation: recurrence of angina and clinical outcome with and without cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg* 2003; **75**: 847-852