

体外循環を使用しない冠動脈バイパス術200例の経験

Coronary Artery Bypass Grafting Without Cardiopulmonary Bypass in 200 Patients

須磨 久善*
磯村 正
堀井 泰浩
佐藤 了

Hisayoshi SUMA, MD, FJCC*
Tadashi ISOMURA, MD
Taiko HORII, MD
Toru SATO, MD

Abstract

Objectives. To evaluate the efficacy of off pump coronary artery bypass grafting (CABG), results in the initial consecutive 200 patients were reviewed.

Methods. Between October 1996 and December 1999, 200 patients underwent CABG without cardiopulmonary bypass. There were 146 men and 54 women aged from 27 to 89 years (mean 68 years). Single, double, triple and left main disease were noted in 94, 55, 33 and 18 patients, respectively, with a mean ejection fraction of 51%. Preoperative complications were previous stroke in 34 patients, chronic renal failure in 22 patients, previous CABG in 18 patients, and aortoiliac aneurysm or occlusive disease in 14 patients. Fifty-five patients (28%) were 75 years or older. Surgical approach was made through a mid-sternal incision including lower half small sternotomy in 105 patients, left anterior small thoracotomy in 92 and small epigastric incision (gastroepiploic-right coronary anastomosis) in 3. Mean number of distal anastomoses was 1.3 (range 1-4). Anastomosis was performed in 189 left anterior descending, 13 diagonal, 27 circumflex and 41 right coronary arteries. The conduits were 174 internal thoracic, 10 internal thoracic-inferior epigastric composite, 22 right gastroepiploic and 5 radial arteries, and 50 saphenous vein grafts. Four patients underwent combined off pump CABG and transmyocardial laser revascularization, and 36 patients underwent hybrid (off pump CABG and angioplasty) revascularization.

Results. Four patients (2.0%) died in the hospital due to intestinal necrosis in 2 patients, postoperative aortic dissection in one, and multiorgan failure with stroke in one. No serious ventricular tachyarrhythmia or use of intraaortic balloon pump occurred. Perioperative myocardial infarction was noted in one patient. Stroke occurred in 4 patients (2.0%) but 3 patients recovered in a short period. Three-year survival and cardiac event free rate were 90.3% and 81.1% by the Kaplan-Meier method. Postoperative angiographic study showed excellent patent graft in 92% of grafts (192/209), stenosed ($\geq 50\%$) graft in 5% (10/209) and occlusion in 3% (7/209).

Conclusions. Off pump CABG can be performed safely and effectively in both high risk and low risk patients with coronary artery disease. Refinement of surgical technique and equipment will make this procedure more useful.

J Cardiol 2000; 36(2): 85-90

Key Words

Aortocoronary bypass Coronary artery disease Prognosis
Myocardial infarction, treatment

はじめに

各分野における外科手術の低侵襲化に伴い、心臓外

科領域においても体外循環を使用しない冠動脈バイパス手術 [off pump coronary artery bypass grafting (off pump CABG)] の有用性が見直されつつある^{1,2)}。過去3年

湘南鎌倉総合病院 心臓血管外科：〒247-8533 神奈川県鎌倉市山崎1202-1：*(現) 葉山ハートセンター：〒240-0116 神奈川県三浦郡葉山町下山口1898

Department of Cardiovascular Surgery, Shonan-Kamakura General Hospital, Kanagawa; *(present) Hayama Heart Center, Kanagawa
Address for reprints: SUMA H, MD, FJCC, Hayama Heart Center, Shimoyamaguchi 1898, Hayama, Miura-gun, Kanagawa 240-0116
Manuscript received February 23, 2000; revised March 29, 2000; accepted March 30, 2000

間の自験例200例について報告する。

対象と方法

1. 対象

1996年10月 - 1999年12月の3年3ヵ月間に施行したoff pump CABG連続200例を対象とした。これは同一期間に施行したCABG 613例(合併手術を含む)の33%、単独CABG 515例の39%に相当する。男性146例、女性54例、年齢範囲27 - 89歳、平均年齢68歳で、冠動脈病変は一枝病変94例(47%)、二枝病変55例(28%)、三枝病変33例(16%)、左主幹部病変18例(9%)で、術前の平均左室駆出率は51(32 - 68)%であった(Table 1)。術前の重篤な合併疾患は、脳梗塞の既往34例(17%)、慢性腎不全22例(11%)、CABGの既往(再手術例)18例(9%)、高度石灰化上行大動脈17例(9%)、腹部大動脈瘤および閉塞性動脈疾患14例(7%)、悪性腫瘍14例(7%)で、75歳以上の高齢者は55例(28%)であった。

2. 手術法

心臓への到達経路は、胸骨正中切開(胸骨下半分の小切開を含む)105例、左前胸部小切開¹⁾92例、剣状突起下小切開(右胃大網動脈を右冠動脈へ吻合)²⁾3例で、使用したグラフトは内胸動脈174、内胸動脈を下腹壁動脈を用いて延長した複合グラフト10、右胃大網動脈22、橈骨動脈5、大伏在静脈50であった。平均バイパス数は1.3(1 - 4)枝で、吻合部位は左前下行枝189、対角枝13、回旋枝27、右冠動脈41(後下行枝21)であった。4例に高出力CO₂レーザーを用いたtransmyocardial laser revascularization(TMLR)を併用した(Table 2)。カテーテルインターベンションとのハイブリッド治療を36例に施行した。

初期には心拍動下のバイパス吻合の際に遮断薬やCa拮抗薬を用いて心拍動を緩除にしたが、各種のlocal stabilizer器具の使用開始以後、その必要はなくなった。我々はCTS製と松田医科工業製のstabilizerを使用している。冠動脈とグラフトとの吻合は7.5-ポリプロピレン糸(松田医科工業製)を使用して、heelとtoeからの2本の連続縫合あるいはheelとtoeとその両側中間の4点支持での連続縫合法を行った。吻合中の冠血流遮断にはsoft elastic sutureによる冠動脈snearing法を用いていたが、最近では血流シャント機能を備えた

Table 1 Preoperative patient characteristics

No. of patients	200
Male/female	146/54
Mean age(yr)	68(range 27 - 89)
Coronary lesion	
Single vessel	94(47%)
Double vessels	55(28%)
Triple vessels	33(16%)
Left main trunk	18(9%)
Ejection fraction(%)	51(range 32 - 68)

Table 2 Operative procedures

No. of bypasses	1.3(range 1 - 4)
Site of anastomosis	
Left anterior descending artery	189
Diagonal artery	13
Left circumflex artery	27
Right coronary artery(PDA)	41(21)
Combined TMLR	4

PDA = posterior descending artery; TMLR = transmyocardial laser revascularization.

冠動脈内 occluder(Anastsflo[®], Baxter製)を使用している。

吻合後のグラフト開存性の評価には、新しく開発された赤外線カメラを用いたthermal coronary imaging(IRIS[®], Thermatrek製)を使用した。カテーテルや造影剤、放射線などを使用せず、リアルタイムで術中にグラフト血流を評価できる(Fig. 1)。

結 果

1 吻合に要した時間は通常10 - 15分であった。術中・術後の心筋梗塞発生は1例で、重篤な心室不整脈の発生ならびに大動脈バルーンポンプを要した例はなかった。

脳血管障害を4例(2.0%)に認め、1例が多臓器不全で死亡したが、他の3例は脳神経障害が一過性で、障害を残さず改善した。この4例の全例が術前に多発性脳梗塞の既往を有しており、このことからoff pump CABGの適応となった。この4例において術中低血圧は認めず、大動脈に直接操作を加えることはなかった。脳血管障害の発生が手術操作に直接起因するも

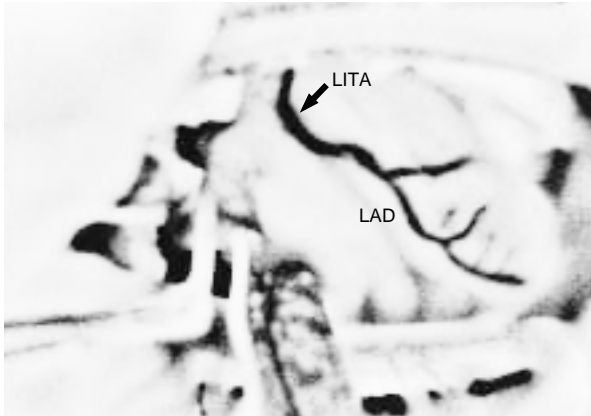


Fig. 1 Intraoperative coronary artery imaging with infrared camera(IRIS)
 Good anastomosis of the internal thoracic artery and the left anterior descending artery is clearly demonstrated at the time of operation.
 LITA = left internal thoracic artery; LAD = left anterior descending artery.

Table 3 Operative results

Results	No. of patients(n = 200)
Hospital death	4(2.0%)
Late death	6(3.0%)
Intraaortic balloon pump	0
Ventricular tachyarrhythmia	0
Stroke(transient)	3(1.5%)

のとは考えにくかった。死亡した1例は慢性腎不全による血液透析中の75歳の女性で、冠動脈造影中に脳梗塞を発生した。左冠動脈主幹部病変で上行大動脈石灰化のため、脳梗塞発症1ヵ月後に状態の安定をみて、前下行枝と回旋枝へのoff pump CABGを施行した。術中・術後の血行動態は安定していたが、脳梗塞を再発し、その後多臓器不全に進行し死亡した。

院内死亡は4例(2.0%)で、待機手術は189例中3例(1.6%)、不安定狭心症に対する緊急手術は11例中1例(9.1%)であった。死因は腸管壊死2例、術後の大動脈解離1例および脳梗塞後の多臓器不全1例で、心原性死亡はなかった。腸管壊死を発生した2例はともに上行大動脈石灰化症例で、腹部大動脈およびその分枝の動脈硬化病変を有する可能性が高く、腸管虚血を起こしたものと考えられた。

平均術後在院日数は6.2日であった。

3年間の観察期間中に6例が死亡し、死因は心原性

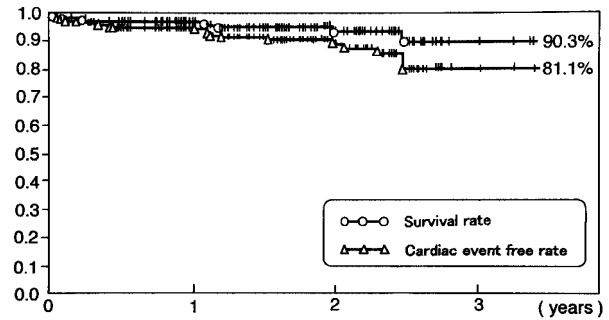


Fig. 2 Three-year survival and cardiac event-free rate in 200 patients undergoing off pump coronary artery bypass grafting(Kaplan-Meier method)

Table 4 Postoperative angiographic assessment

Graft patency	
Excellent	92%(192/209)
Stenosed(≥ 50%)	5%(10/209)
Occluded	3%(7/209)

1例、非心原性5例であった。Kaplan-Meier法による3年生存率は90.3%、心事故回避率は81.1%であった(Table 3, Fig. 2)。

術後早期のグラフト開存率は良好な開存92%(192/209)、50%以上の狭窄5%(10/209)、閉塞3%(7/209)であった。吻合部狭窄例に対してはすべて経皮的冠動脈形成術(percutaneous transluminal coronary angioplasty: PTCA)で拡張しえた(Table 4)。

Figs. 3, 4にCABG再手術症例に対して施行した小切開下の左鎖骨下動脈-左橈骨動脈-左前下行枝バイパス術式と術後造影所見を示す。

考 察

体外循環を使用しない冠動脈バイパスは、1970-1980年代に南米を中心に限られた施設で数多く行われていたが^{4,5)}、1994年、アルゼンチンのBenettiら⁶⁾により左前胸部小切開による左内胸動脈-左前下行枝吻合が紹介されて以来、世界的に注目されるようになった。各種のstabilizerの登場によって心拍動下の小血管吻合の成功率が飛躍的に向上し⁷⁻⁹⁾、それにつれて多枝バイパス症例も増加した¹⁰⁾。

左右の冠動脈を同時にバイパスする症例の増加に伴い、左前胸部小切開から再び胸骨正中切開へと到達経

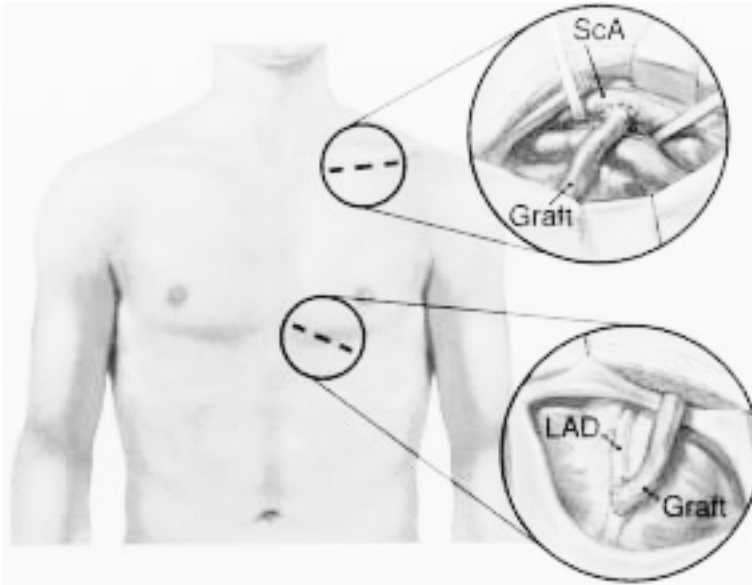


Fig. 3 Illustration of minimally invasive coronary artery bypass grafting for reoperation without left internal thoracic artery

The radial artery graft is anastomosed to the left subclavian artery (ScA) through a small subclavian incision proximally. The graft is then introduced into the pleural cavity and anastomosed to the left anterior descending artery (LAD) under the beating heart through the left anterior small thoracotomy.



Fig. 4 Postoperative angiogram of Fig. 3

The left subclavian artery to the left anterior descending artery bypass with radial artery graft is widely patent in a 66-year-old man.

路も推移しつつある。術後の中期的評価も報告され、Calafioreら²⁾によれば2年生存率97%、心事故回避率89%と良好である。Marianiら¹¹⁾は左前下行枝近位部病変に対してPTCA 110例とoff pump CABG 71例とを比較検討し、術後18ヵ月での生存率はともに95%と良好であるものの、心事故回避率はPTCAが69%であるのに対してoff pump CABGでは94%と明らかに優れた成績であることを示した。我々の成績においても3年生存率は90.3%、心事故回避率は81.1%で、off pump CABGが優れた手術方法であることが示された。

グラフトの開存性を確認するために、術後早期の冠動脈・グラフト造影が積極的に行われ、比較的良好な開存率が報告されている¹²⁾。術中に手術の完成度を評価する方法として、一般にはドップラー血流計による血流パターンによる判定¹³⁾が用いられているが、赤外線カメラによる術中冠動脈画像診断¹⁴⁾が新しく開発されている。本法はカテーテルや造影剤などを使用せず、リアルタイムで術中にグラフト血流を評価できることから、より有用な手段になると考えられる。

体外循環が安全に施行できる現在においても、脳血管ならびに中枢神経系に対する人工心肺の悪影響が完全に回避できるわけではない¹⁵⁾。自験例において脳梗塞の既往や石灰化大動脈を有する症例に対して通常のCABGを行えば、重篤な脳障害の発生はさらに高率であったと推測できる。また、75歳以上の高齢者に対しては、心臓手術後に精神活動の低下をみる場合も多

く、off pump CABG によってこれらの問題も軽減しうるものと考えられる。

Off pump CABG の適応は、それぞれの外科医の本法に対する経験の違いや、人工心肺に対する信頼感の差などにより現在のところ各施設において異なり、一定しない。我々は慎重に症例を選び、冠動脈の太さや走行が本法に適していると考えられた場合には積極的に施行して、単独 CABG 症例全体の 39% を占めるに至った。今後さらに本法の頻度が増加する可能性はあるが、現時点では CABG 対象例の 1/2 - 1/3 が本法を無理なく行えると考えている。多枝 CABG を off pump で行うには技術的な問題点や症例の選択などの制限が加わる。多枝病変例に対して術中 TMLR¹⁶⁾ の併用や術後早期の血管形成術との combination (hybrid) 治療^{17,18)} により新たな治療戦略が生まれつつあり、off pump CABG を中心とするこれらの治療により術後合併症

自験例においては off pump CABG 症例の平均術後在院日数が 6.2 日であるのに対して、通常 CABG では 12.4 日で off pump CABG 症例の早期退院に対する有用性を認めた。

小口径の血管吻合を心拍動下で行うには熟練した技術が要求され、慎重な取り組みが必要であるが、経験の蓄積と各種の手術器具および診断装置の発達により、より多くの外科医が安全に本法を施行できるようになると考える。

結 論

体外循環を使用しない冠動脈バイパス術を施行した 200 例を検討した結果、3 年生存率、心事故回避率も良好で侵襲も少なく、術後在院日数も短く、左冠動脈系への低侵襲再手術術式として有用であると思われた。

要 約

目 的: 体外循環を使用しない冠動脈バイパス術 (off pump CABG) の有効性を自験 200 例において検討した。

方 法: 1996 年 10 月 - 1999 年 12 月に off pump CABG を施行した 200 例 (男性 146 例, 女性 54 例, 年齢範囲 27 - 89 歳, 平均年齢 68 歳) を対象とした。冠動脈病変は一枝 94 例, 二枝 55 例, 三枝 33 例, 左主幹部 18 例で、術前左室駆出率は平均 51% であった。術前合併症として脳梗塞の既往 34 例, 慢性腎不全 22 例, CABG の既往 18 例, 高度石灰化大動脈 17 例, 腹部大動脈および閉塞性動脈疾患 14 例, 悪性腫瘍 14 例で、55 例 (28%) が 75 歳以上の高齢者であった。

心臓への到達経路は胸骨正中切開 (下方小切開を含む) 105 例, 左前胸部小切開 92 例, 剣状突起下小切開 3 例で、グラフトは内胸動脈 174, 内胸動脈と下腹壁動脈複合 10, 右胃大網動脈 22, 橈骨動脈 5, 大伏在静脈 50 を使用した。平均バイパス数は 1.3 (1 - 4) 枝で、左前下行枝 189, 対角枝 13, 回旋枝 27, 右冠動脈 41 に吻合した。4 例に transmyocardial laser revascularization を同時に施行し、36 例に血管形成術とのハイブリッド療法を行った。

結 果: 周術期心筋梗塞を 1 例に認め、重篤な心室不整脈および大動脈バルーンポンプ使用例はなかった。4 例に脳血管障害を認めたが、3 例は短期に回復した。病院死亡は 4 例 (腸管壊死 2 例, 大動脈解離 1 例, 脳梗塞後の多臓器不全 1 例), 遠隔死は 6 例 (心原性 1 例, 非心原性 5 例) であった。Kaplan-Meier 法による 3 年生存率は 90.3%, 心事故回避率は 81.1% であった。グラフト開存率は良好な開存 92% (192/209), 50% 以上の狭窄 5% (10/209), 閉塞 3% (7/209) であった。

結 論: Off pump CABG は重篤な術前合併症を有する症例にも比較的 safely に施行できる方法であり、経験の蓄積と手技の改良によって本法がより一般的な手術手技となりうると考えられた。

J Cardiol 2000; 36(2): 85 - 90

の減少と術後在院日数の短縮を図ることができる。

J Cardiol 2000; 36: 85 - 90

文 献

- 1) Calafiore AM, Di Giammarco G, Teodori G, Bosco G, D'Annunzio E, Barsotti A, Maddestra N, Paloscia L, Vitolla G, Sciarra A, Fino C, Contini M: Left anterior descending coronary artery grafting via left anterior small thoracotomy without cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg* 1996; **61**: 1658 - 1665
- 2) Calafiore AM, Di Giammarco G, Teodori G, Gallina S, Maddestra N, Paloscia L, Scipioni G, Iovino T, Contini M, Vitolla G: Midterm results after minimally invasive coronary surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1998; **115**: 763 - 771
- 3) Grandjean JG, Mariani MA, Ebels T: Coronary reoperation via small laparotomy using right gastroepiploic artery without CPB. *Ann Thorac Surg* 1996; **61**: 1853 - 1855
- 4) Buffolo E, de Andrade CS, Branco JN, Teles CA, Aguiar LF, Gomes WJ: Coronary artery bypass surgery without cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg* 1996; **61**: 63 - 66
- 5) Benetti FJ, Naselli G, Wood M, Geffner L: Direct myocardial revascularization without extracorporeal circulation: Experience in 700 patients. *Chest* 1991; **100**: 312 - 316
- 6) Benetti FJ, Ballester C, Sani G, Boonstra PW, Grandjean JG: Video assisted coronary bypass surgery. *J Card Surg* 1995; **10**: 620 - 625
- 7) Calafiore AM, Vitolla G, Mazzei V, Teodori G, Di Giammarco G, Iovino T, Iaco A: The LAST operation: Techniques and results before and after the stabilization era. *Ann Thorac Surg* 1998; **66**: 998 - 1001
- 8) Spooner TH, Hart JC, Pym J: A two-year, three institution experience with the Medtronic Octopus: Systematic off-pump surgery. *Ann Thorac Surg* 1999; **68**: 1478 - 1481
- 9) Takahashi M, Yamamoto S, Tabata S: Immobilized instrument for minimally invasive direct coronary artery bypass: MIDCAB doughnut. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1997; **114**: 680 - 682
- 10) Calafiore AM, Teodori G, Di Giammarco G, Vitolla G, Maddestra N, Paloscia L, Zimarino M, Mazzei V: Multiple arterial conduits without cardiopulmonary bypass: Early angiographic results. *Ann Thorac Surg* 1999; **67**: 450 - 456
- 11) Mariani MA, Boonstra PW, Grandjean JG, Peels JOJ, Monnik SHJ, den Heijer P, Crijns HJGM: Minimally invasive coronary artery bypass grafting versus coronary angioplasty for isolated type C stenosis of the left anterior descending artery. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1997; **114**: 434 - 439
- 12) Mack MJ, Magovern JA, Acuff TA, Landreneau RJ, Tennison PM, Tinnerman EJ, Osborne JA: Results of graft patency by immediate angiography in minimally invasive coronary artery surgery. *Ann Thorac Surg* 1999; **68**: 383 - 390
- 13) Calafiore AM, Gallina S, Iaco A, Teodori G, Iovino T, Di Giammarco G, Mazzei V, Vitolla G: Minimally invasive mammary artery Doppler flow velocity evaluation in minimally invasive coronary operations. *Ann Thorac Surg* 1998; **66**: 1236 - 1241
- 14) Falk V, Walther T, Philippi A, Autschbach R, Krieger H, Dalichau H, Mohr FW: Thermal coronary angiography for intraoperative patency control of arterial and saphenous vein coronary artery bypass grafts: Results in 370 patients. *J Card Surg* 1995; **10**: 147 - 160
- 15) Taylor KM: Central nervous system effects of cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg* 1998; **66** (Suppl): S20 - S24
- 16) Trehan N, Mishra Y, Mehta Y, Jangid DR: Transmyocardial laser as an adjunct to minimally invasive CABG for complete myocardial revascularization. *Ann Thorac Surg* 1998; **66**: 1113 - 1118
- 17) Angelini GD, Wilde P, Salerno TA, Bosco G, Calafiore AM: Integrated left small thoracotomy and angioplasty for multivessel coronary artery revascularisation. *Lancet* 1996; **347**: 757 - 758
- 18) Lloyd CT, Calafiore AM, Wilde P, Ascione R, Paloscia L, Monk CR, Angelini GD: Integrated left anterior small thoracotomy and angioplasty for coronary artery revascularization. *Ann Thorac Surg* 1999; **68**: 908 - 912