
原 著

Off-pump CABG 130 例の検討

小 熊 文 昭

立川総合病院心臓血管外科

Early Surgical Results of Off-pump Coronary Artery Bypass Grafting

Fumiaki OGUMA

*Department of Cardiovascular Surgery,
Tachikawa General Hospital, Nagaoka, Japan*

Abstract

From January 1, 1998 to December 31, 2001, a total of 130 patients underwent coronary artery bypass grafting without cardiopulmonary bypass (CPB) at our institution. Forty-two patients were revascularized left anterior descending or diagonal branches of the left coronary artery via left anterior small thoracotomy (MIDCAB). For the patients who had multiple vessel diseases, coronary revascularization was performed through median sternotomy (OPCAB). The improvement of many surgical apparatuses made it easy to graft all the branches of the coronary system. The number of distal anastomoses was 2.08 per patient in the OPCAB group. Though on-pump CABG was a little superior in the graft patency rates, the patients revascularized without CPB were free from major complications and recovered quickly in the postoperative course. Off-pump CABG is safe and reproducible procedure in the selected patients.

Key words: MIDCAB, OPCAB, IHD

はじめに

胸骨正中切開下に人工心肺装置を使用し、心停止状態で行う冠血行再建手術は、確実かつ安全な確立された治療方法である。体外循環を使わずに

心拍動下に冠状動脈バイパス術ができることは以前より報告されていたが、近年、体外循環禁忌症例や左冠状動脈前下行枝1枝病変に適応され、その低侵襲性から急速に適応が拡大されつつある。従来の人工心肺装置を使用した冠状動脈バイパス術

Reprint requests to: Fumiaki OGUMA
Department of Cardiovascular Surgery
Tachikawa General Hospital
3-2-11 Kanda-cho,
Nagaoka 940-8621 Japan

別刷請求先：〒940-8621 長岡市神田町3丁目2番地11
立川総合病院心臓血管外科 小 熊 文 昭

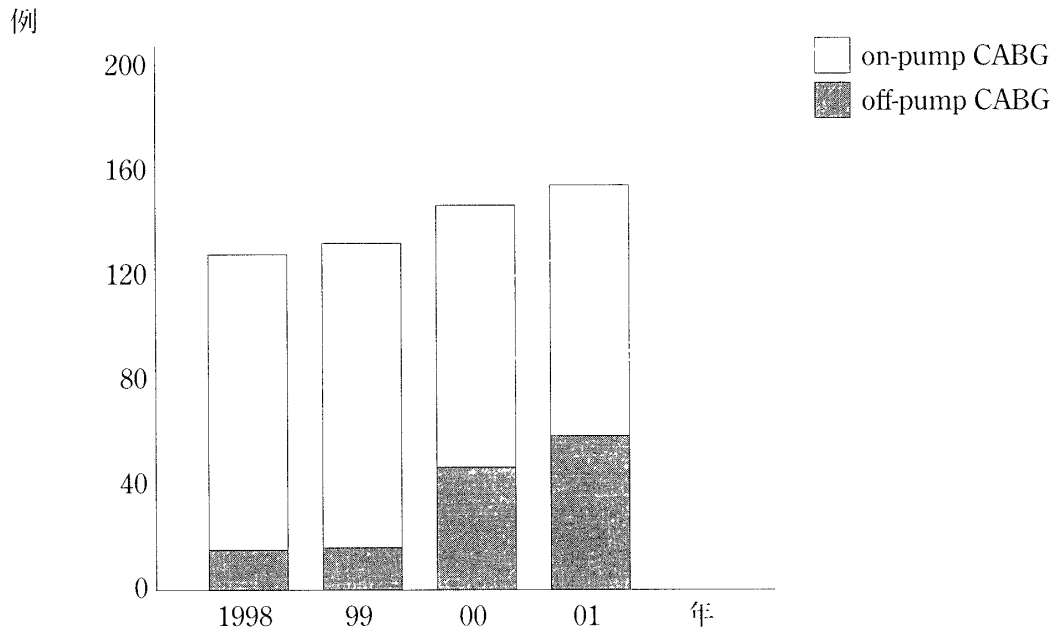


図1 off-pump CABG 症例数の年次推移

(CABG) と区別して、人工心肺装置非使用、心拍動下の手術を低侵襲冠状動脈バイパス術と呼び、一般的に左前胸部小切開のアプローチのものを MIDCAB (minimally invasive direct coronary artery bypass), 胸骨正中切開のアプローチのものを OPCAB (off-pump coronary artery bypass) と区別して呼んでいる。少数ではあるが、側開胸や開腹・経横隔膜などのアプローチも可能で、これらも低侵襲冠状動脈バイパス手術に含まれる。

当院で過去4年間に経験した130例の低侵襲冠状動脈バイパス術の早期手術成績を検討し、この術式の利点および問題点を考察する。

対象と方法

対象は1998年1月より2001年12月の間に体外循環を使用せずに行われたCABG130例で、これは同時期CABG562例の23.1%に当たる。低侵襲冠状動脈バイパス術の割合は、適応の拡大とともに年々増加しており、2001年1年間では58/154, 37.7%となっている(図1)。

通常の体外循環使用のCABGでは、胸骨正中切

開後内胸動脈を剥離、心膜を切開してから上下大静脈2本脱血・上行大動脈送血にて体外循環を確立した。グラフト準備の後大動脈を遮断して上行大動脈より血液カルヂオプレギア液を注入して心停止を得た。吻合は monofilament 糸の連続縫合を用い、動脈グラフトでは8-0、静脈グラフトでは7-0の縫合糸を使用した。静脈グラフトを使用する場合は、遠位側吻合を先に行い、一回の大動脈遮断で中枢側吻合まで行った。

低侵襲冠状動脈バイパス手術では、左冠状動脈前下行枝(LAD)1枝病変に対しては左前胸部小切開または胸骨部分切開を用い、多枝バイパスの場合は胸骨正中切開を選択した。年々、胸骨正中切開・off-pump多枝バイパスの症例数が増加している(図2)。

MIDCABは、左前胸部に約10cmの斜切開を置き左開胸とした後、左内胸動脈(LITA)を剥離する。LADの直上で心膜を縦切開して圧迫型の stabilizer (Koros, Super-Slide Retractor Set) を装着、吻合予定部を剥離切開しLITAをon-pumpと同様の方法で吻合した。切開部から出血が多いと予想される場合には、中枢側に4-0 elastic

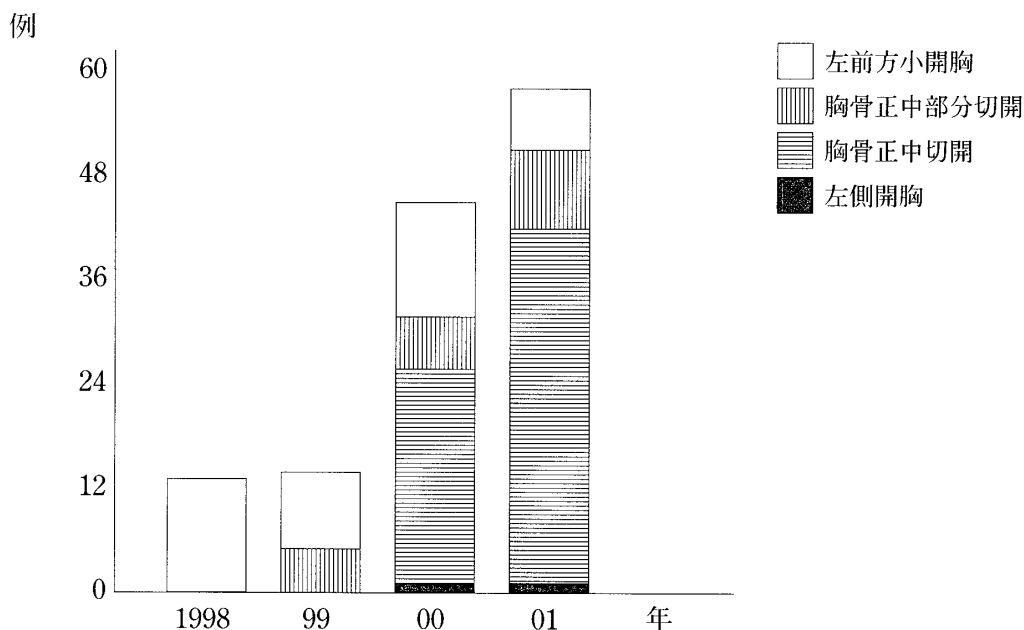


図2 off-pump CABG 症例数のアプローチ別年次推移

suture の tourniquet を置き血流を遮断してから冠動脈を切開し、必要に応じ内シャントを挿入した後 tourniquet を弛めて末梢の血流を確保した。LAD1 枝病変に対しては、第2肋間以下の胸骨を縦切開する胸骨部分切開のアプローチも近年使用されている。

OPCAB は胸骨正中切開、グラフト剥離までは on-pump CABG と同様であるが、心膜切開後、deep pericardial stitch を3-4本置いて (Lima suture) これを牽引することで心臓を正中側に偏位させ、吻合予定部に吸着型 stabilizer (Medtronic, OCTOPUS 3 または FUKUDADENSHI, DONUT) を装着して吻合可能な視野を得た。心尖部を吸着して挙上する装置 (GUIDANT, Axius off-pump system) を用いると、血行動態に大きな影響なく心臓の側面、下面の吻合が可能である。

以上の他に、左冠動脈領域に対しては左開胸で冠血行再建が可能であり、右冠動脈末梢に対しては開腹・経横隔膜で右胃大網動脈 (RGEA) が吻合可能である。

MIDCAB 42 例, OPCAB 71 例, 胸骨部分切開 15 例, 開腹・経横隔膜及び左開胸各 1 例の計 130 例について早期手術成績を検討した。

結 果

off-pump CABG 130 例のアプローチ別手術数及び吻合数は、MIDCAB 42 例, 43 吻合, OPCAB 71 例, 148 吻合, 胸骨部分切開 15 例, 16 吻合, 開腹・経横隔膜 1 例, 1 吻合, 左側開胸 1 例, 2 吻合であった。始めの2年間は LAD 領域の血行再建に適応を限局していたが、その後多枝病変に適応を拡大したため OPCAB の症例が増加しつつある。off-pump CABG 130 例の1症例当たりのグラフト吻合数は 1.62 (210/130) であるが、OPCAB 71 例では 2.08 (148/71) となっている (表1)。

off-pump CABG を選択した理由は、閉塞性脳血管障害、悪性腫瘍合併、腎機能低下、石灰化上行大動脈、再手術等体外循環禁忌症例が 62 例 (47.7%) で見られ、OPCAB では 42 例 (59.2%) となっている (表2)。MIDCAB から胸骨正中切開に移行した症例が 5 例 (5/46, 10.9%) あり、LAD 心筋内走行の 2 例では体外循環を使用した。OPCAB から on-pump に移行した症例は 2 例 (2/73, 2.7%) あり、いずれも術中操作中に血圧低下を来した症例で、内 1 例は術中心筋梗塞となった。

off-pump CABG の際だった特徴は術後の回復

表1 低侵襲冠状動脈手術のアプローチ別手術数

	1998	99	00	01	合計
全症例数	128	133	147	154	562
off pump CABG	13	14	45	58	130
左前胸部小切開 吻合数 (/pt.)	13 14	9 9	13 13	7 7	42 43 (1.02)
胸骨正中切開 吻合数 (/pt.)	0 0	5 6 (1.2)	25 43 (1.72)	41 99 (2.41)	71 148 (2.08)
胸骨部切開 吻合数 (/pt.)	0 0	0 0	6 6	9 10	15 16 (1.07)
開腹・経横隔膜 吻合数 (/pt.)	0 0	0 0	1 1	0 0	
左側開胸 吻合数 (/pt.)	0 0	0 0	0 0	1 2	1 2 (2.00)
吻合数 (/pt.)	13/14 (1.08)	15/14 (1.07)	63/45 (1.40)	118/58 (2.03)	210/130 (1.6) 2

表2 off-pump CABGを選択した理由

閉塞性脳血管障害	12例	
悪性腫瘍合併	10	合併症を有する割合
慢性腎不全 血液透析	6	胸骨正中切開 42/ 71 (59.2%)
非透析	2	左前胸部小切開 11/ 42 (26.2%)
上行大動脈石灰化	8	胸骨部分切開 7/ 15 (46.7%)
再手術	5	その他 2/ 2 (100%)
腹部第動脈瘤合併	4	
LAST不成功	4	62/130 (47.7%)
急性心筋梗塞	3	
下肢閉塞性動脈硬化症	3	
低肺機能	2	
その他	4	

が早いことで、大部分の症例で手術当日人工呼吸器をはずして、第1病日にICUを退室できるようになる。off-pump 130例の術後合併症を見ると、術中心筋梗塞1例(0.8%)、3日以上的人工呼吸管理2例(1.5%)、外科的処置を要した術後出血3例(2.3%)、胸部正中創感染3例、遅発性心タンポナーデ1例(0.8%)であり、同時期のon-pump CABG 432例と比較すると術後合併症が極めて少

ないことがわかる(表3)。無輸血率も112/130、86.2%と高く、術前に貧血がなければ輸血を要することも希である。

術後約1カ月で行った早期グラフト造影のグラフト開存率は、90%以上の吻合部狭窄と動脈グラフトの痩せ細りを閉塞とカウントすると、LITA 93/117、79.5%、右内胸動脈(RITA) 35/38、92.1%、RGEA 10/13、76.9%、SVG 20/20、100%、

表 3 手術成績 (1998. 1. -2001. 12.)

	off pump 130例	on pump 432例
手術死亡	0	1 (0.2)
術中心筋梗塞	1 (0.8)	19 (4.4)
術後IABP	1 (0.8)	11 (2.5)
長期人工呼吸	2 (1.5)	30 (6.9)
術後出血	3 (2.3)	10 (2.3)
脳梗塞	0	6 (1.4)
消化管出血	0	6 (1.4)
重症不整脈	0	4 (0.9)
縦隔炎	0	2 (0.5)
胸部正中創感染	3 (2.3)	3 (0.7)
遅発性心タンポナーデ	1 (0.8)	4 (0.9)
無輸血	112 (86.2)	190 (44.0)
10単位以上の輸血	5 (3.8)	52 (12.0)

表 4 off-pump CABG 130例のグラフト吻合部位と開存

	RCA	LAD	D	Cx	total	patency
LITA	0	107	9	11	127	93/117(79.5)
RITA	2	15	20	6	43	35/ 38(92.1)
RGEA	15	0	0	1	16	10/ 13(76.9)
SVG	13	0	3	4	20	20/ 20(100)
RA	2	0	1	0	3	2/ 2(100)

LITA: 左内胸動脈, RITA: 右内胸動脈, RGEA: 右胃大網動脈, SVG: 静脈グラフト, RA: 橈骨動脈

RCA: 右冠状動脈, LAD: 左冠状動脈前下行枝, D: 左冠状動脈対角枝, Cx: 左冠状動脈回旋枝

橈骨 (RA) 2/2, 100 %であった (表 4)。LITA のグラフト開存率が低値となったのは, MIDCAB でグラフト閉塞・狭窄, 痩せ細り現象が多発したためであり, これらを除いた胸骨正中切開で行う OPCAB のグラフト開存率は, 従来の on-pump, 心停止下の CABG のグラフト開存率と遜色ない値となる (表 5)。

MIDCAB での早期グラフト閉塞・狭窄は 42 例中 12 例 (28.6 %) に認められ, 6 例 (14.3 %) で術後早期にカテーテル・インターベンションを行い, 最終的には 3 例 (7.1 %) で再冠状動脈バイパス手術が必要となった。OPCAB, 胸骨正中部分切

表 5 胸骨正中切開off-pump 71例のグラフト吻合部位と開存率

	RCA	LAD	D	Cx	total	patency
LITA	0	53	5	11	69	54/61 (90.0)
RITA	2	15	20	6	43	35/38 (92.1)
RGEA	14	0	0	1	15	9/12 (75.0)
SVG	13	0	3	3	19	19/19 (100)
RA	1	0	1	0	2	1/ 1 (100)

表 6 on-pump CABG 632例のグラフト開存率

LITA	672/716 (94.6%)
RITA	273/292 (93.5%)
RGEA	215/228 (94.3%)
SVG	811/872 (93.0%)
RA	19/ 21 (90.5%)

開で再手術を要した症例は現在までのところ 1 例もなく, カテーテル・インターベンションを行った症例が OPCAB で 2 例 (2.8 %), 胸骨正中部分切開で 1 例 (6.7 %) 認められた。

考 察

低侵襲冠状動脈バイパス術とは, 当初, 人工心肺装置を使用しないこと, 胸骨正中切開を避けること, 小切開であること等を満たした冠状動脈バイパス術という意味で用いられ, 左小開胸・心拍動下の CABG (MIDCAB) を指していた¹⁾。その後, 従来の体外循環使用・心停止下の CABG の手術侵襲は体外循環の有害な作用であるという認識が一般化し²⁾, 現在では低侵襲=非体外循環下の手術という意味に使用している場合が多い。

MIDCAB は, 低侵襲性という点では極めて優れた術式であるが³⁾, 小さな術野でグラフト剥離と吻合を行うため, 高度な技術と経験の積み重ねを要する。術前に十分適応を検討しても, グラフトの損傷, 心筋内走行の LAD 及び LAD の偏位などの理由で胸骨正中切開に変更した症例が約 10 %の割合で見られた。MIDCAB の適応を狭くしている

最大の理由は、血行再建可能な領域がLADに限られることである。静脈グラフトやRAでLITAを延長しても血行再建可能な部位は左冠状動脈のLAD、対角枝(D)、鈍角枝(HL)までで、右冠状動脈または左冠状動脈回旋枝末梢に吻合するためには他の皮膚切開を追加する必要がある⁴⁾。このことは、低侵襲の一つの要因である小切開ということに反し、off-pump CABGの適応が多枝バイパスに拡大されるとともにMIDCABが減少した理由である。

off-pump CABGは、閉塞性脳血管病変、腎機能障害⁵⁾、上行大動脈石灰化、悪性腫瘍合併などの体外循環禁忌症例に対して良い適応とされ、手術死亡、術後合併症共に少ない良好な成績が報告されている⁶⁾。他方、全ての症例でoff-pump CABGが可能であるとする考えがあり、現在のところ、on-pumpを原則としてoff-pumpの症例を選んでいる施設とoff-pumpを原則としてon-pumpの症例を選んでいる施設に分かれている。

on-pump CABGとoff-pump CABGの手術成績を比較した報告では、手術死亡率には両者に有意差がないかoff-pumpで低く、術中心筋梗塞、術後脳合併症、術後腎不全、呼吸器合併症等の術後急性期の合併症はoff-pump群で少ないとしているものが多い^{7,8)}。on-pumpとoff-pumpの手術成績を検討する場合に留意しなければならないことは、患者背景が同等でないという点である。一般的にはoff-pump群の方が重症例を多く含み、重症例ほどoff-pumpを選択する利点大きいという報告もある⁹⁾。

off-pump CABGを標準術式とするためには、術後急性期の合併症が少ないだけでなく、術後遠隔期での成績が従来のCABGに劣らないことを示す必要がある。CABGの予後を改善する因子として動脈グラフトによる完全血行再建が挙げられているが、off-pump CABGでは一般的に吻合数が少なく、完全血行再建率が低くなっている報告が多い^{10,11)}。術後のグラフト造影では、グラフト開存率はon-pumpとoff-pumpとの間に有意差を認めないと報告されているものが多いが^{7,12)}、同じ技術であれば静止した良好な条件での吻合の方が高

い開存を期待できる。完全血行再建率の低下とグラフト開存率の低下はoff-pump CABGで遠隔期に狭心症の再発が多く再手術やカテーテル・インターベンションを必要とする症例が増加する原因となっている^{9,10,11)}。

on-pump CABGに比べてoff-pump CABGの方が重篤な合併症や出血量が少なく、術後回復が早いという点ではどの報告も一致しており、医療費の節減という視点からは魅力的な手術方法である^{7,13,14)}。手術器具の進歩により冠状動脈のどの領域にもoff-pumpで吻合可能となってきたが、現時点でも、1. 冠状動脈の細いもの、心筋内走行、石灰化、2. 血行動態不安定、不整脈、3. 回旋枝領域に血行再建を要する再手術等はoff-pump CABGの禁忌と考えられている²⁾。

off-pump CABGが標準術式として受け入れられるためには、長期遠隔において従来の体外循環使用のCABGと同等あるいはそれ以上の成績であることを今後の研究で示す必要がある。

おわりに

当院に於ける過去4年間のoff-pump CABG 130例の手術経験では、アプローチに関わらず術後合併症が少なく早期の術後回復が得られた。多枝病変に対する多枝バイパスでも手術の合併症増加は認められず、術前合併症を有する重症例では有用な術式と考えられた。左前胸部小切開で行うMID-CABは術後グラフト狭窄・閉塞が多く、適応を慎重に検討する必要がある。off-pump CABGが標準術式として残るためには、さらに長期遠隔での調査により従来のon-pump CABGの成績と同等以上の結果を示す必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 古瀬 彰：特集「MIDCAB」の現状と展望によせて。胸部外科, 51: 265 1998.
- 2) Calafiore AM, Mauro MD, Contini M, Giammarco GD, Pano M, Vitolla G, Bivona A, Crella R and D'Alessandro S: Myocardial revascu-

- larization with and without cardiopulmonary bypass in multivessel disease: Impact of the strategy on early outcome. *Ann Thorac Surg* 72: 456-463 2001.
- 3) Cremer JT, Wittwer T, Böning A, Anssar MB, Kofidis T, Mügge A and Haverich A: Minimally invasive coronary artery revascularization on the beating heart. *Ann Thorac Surg* 69: 1787-1791 2000.
 - 4) Watanabe G, Misaki T, Kotoh K, Abe Y, Yamashita A and Ueyama K: Bilateral minimally invasive direct coronary artery grafting with the use of two arterial grafts. *J Thorac Cardiovasc Surg* 113: 949-951 1997.
 - 5) Ascione R, Nason G, Al-Ruzzeh S, Ko C, Ciulli F and Angelini GD: Coronary revascularization with or without cardiopulmonary bypass in patients with preoperative nondialysis-dependent renal insufficiency. *Ann Thorac Surg* 72: 2020-2025 2001.
 - 6) Cleveland Jr, JC, Shroyer ALW, Chen AY, Peterson E and Grover FL: Off-pump coronary artery bypass grafting decreases risk-adjusted mortality and morbidity. *Ann Thorac Surg* 72: 1282-1289 2001.
 - 7) Puskas JD, Thourani VH, Marshall J, Dempsey SJ, Steiner MA, Sammons BH, Brown WM, Gott JP, Weintraub WS and Guyton RA: Clinical outcomes, angiographic patency, and resource utilization in 200 consecutive off-pump coronary bypass patients. *Ann Thorac Surg* 71: 1477-1484 2001.
 - 8) Cartier R, Brann S, Dagenais F, Martineau R and Couturier A: Systemic off-pump coronary artery revascularization in multivessel disease: Experience of three hundred cases. *J Thorac Cardiovasc Surg* 119: 221-229 2000.
 - 9) Arom KV, Flavin TF, Emery RW, Kshetty VR, Janey PA and Peterson RJ: Safety and efficacy of off-pump coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg* 69: 704-710 2000.
 - 10) Czerny M, Baumer H, Kilo J, Zuckermann A, Grubhofer G, Chevchik O, Wolner E and Grimm M: Complete revascularization in coronary artery bypass grafting with and without cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg* 71: 165-169 2001.
 - 11) Amano A, Hirose H, Takahashi A and Nagano N: Off-pump coronary artery bypass. Mid-term results. *JJTCVS* 49: 67-78 2001.
 - 12) Bhan A, Choudhary SK, Mathur A, Sharma R, Sahoo L, Agrawal R and Venugopal P: Surgical myocardial revascularization without cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg* 69: 1216-1221 2000.
 - 13) van Dijk D, Nierrich AP, Jansen EWL, Nathoe HM, Suyker WJL, Diephuis JC, van Boven WJ, Borst C, Buskens E, Grobbee DE, de Medina EOR and Jaegere PPT: Early outcome after off-pump versus on-pump coronary bypass surgery. Results from a randomized study. *Circulation* 104: 1761-1766 2001.
 - 14) Kshetty VR, Flavin TF, Emery RW, Nicoloff DM, Arom KV and Peterson RJ: Does multivessel, off-pump coronary artery bypass reduce postoperative morbidity. *Ann Thorac Surg* 69: 1725-1731 2000.

(平成 14 年 3 月 13 日受付)