

第一選択としての on-pump CABG の妥当性

深田 陸, 小西 敏雄, 古川 浩

【目的】当施設では人工心肺非使用心拍動下 CABG(OPCAB)導入後も人工心肺使用心停止下 CABG(on-pump CABG)を第一選択としてきた。今回、術式選択方針を示し術後成績を集計検証した。【対象】1998年1月から2006年9月までの単独 CABG 338 症例を対象とした。On-pump CABG(C 群)を基本に、1年以内の脳梗塞の既往あるいは脳循環の主幹動脈における70%以上の狭窄や閉塞を認める例、または閉塞性肺機能障害合併例に OPCAB(O 群)を原則選択した。【結果】O 群は44例で、C 群は294例で施行された。全 CABG の病院死亡率は2.7%も、待機手術では0.97%に留まり、うち O 群2.4%(1例)、C 群0.7%(2例)であった(緊急手術では C 群の6例死亡)。術後脳梗塞は O 群に認めず、C 群に2例(0.6%)合併した。術後呼吸不全は O 群に6.8%、C 群に2.0%認めたが、その他合併症は低率に留まった。【結語】死亡率、合併症発生頻度から現在の術式選択方針は妥当である。

KEY WORDS: coronary artery bypass grafting, on-pump bypass, off-pump bypass, postoperative complications

Fukata M, Konishi T, Furukawa H: **Validity of the on-pump coronary artery bypass grafting for the first choice.** J Jpn Coron Assoc 2009; 15: 214-218

I. はじめに

近年、冠動脈バイパス術(CABG)においては人工心肺非使用心拍動下冠動脈バイパス術(OPCAB)が普及した。当施設でも OPCAB 用スタビライザーを自作までして取り組んできた。しかし基本的には人工心肺使用心停止下 CABG(on-pump CABG)を第一選択としてきた。本来、手術リスクの少ない症例にもあえて OPCAB を選択すべきでもなく、適切に術式を選択し全体として良好な結果を得るべきであろう。しかも、経皮的カテーテルインターベンション(PCI)が隆盛となり手術症例も劣化した冠動脈や心筋を扱うことが頻繁化し、on-pump CABG に頼らざるを得ない機会も多い。そのため当施設では、症例を厳密に選んで OPCAB の適応としている。そこで今回は、当施設なりの術式選択方針とその術後成績を集計し検証した。

II. 対象と方法

1998年1月から2006年9月までに施行した単独冠動脈バイパス術(CABG)338 症例を対象とした。術式は基本的に人工心肺を使用し心停止下に良好な冠動脈吻合を行い可及的に多枝バイパスする方針で、on-pump CABG を第一選択とした。また、急性心筋梗塞などショック状態に陥っている緊急例や、低左心機能でも多枝バイパスが望

ましい症例には on-pump CABG を第一選択とした。上行大動脈に高度石灰化や粥状硬化病変を認めても、上行大動脈への操作を回避する術式で on-pump CABG を選択した。一方、人工心肺使用により術後に脳や肺の合併症発生を危惧させる因子がある場合には OPCAB を選択した。術後脳合併症発生の危惧因子として、1年以内の脳梗塞の既往あるいは CT・MRA・頸動脈エコーなどで脳循環に重要な主幹動脈における70%以上の狭窄や閉塞を認める症例、術後肺合併症の危惧因子として、スパイロメーターによる呼吸機能検査で閉塞性肺機能障害(1秒率<70%)を認める症例は、ともに OPCAB を選択した。さらに低左心機能でも run-off が良好な前下行枝や右冠動脈への2枝以下のバイパス例、および緊急手術でも循環動態が安定している同じく2枝以下の症例には、例外として OPCAB を選択可能とした。術前の腎機能障害と慢性透析は人工心肺の適否とはしなかった。これらの方針で症例が如何に両術式に振り分けられたか、その結果としての術後死亡および重篤な術後合併症の頻度を集計し、全 CABG 例の成績向上に貢献するか否かを検討した。2群間の比較は Fisher の直接確率計算法およびスチューデントの t 検定を用い、危険率5%未満を有意とした。

III. 結 果

OPCAB(O 群)は44例で施行され、on-pump CABG(C 群)は294例で施行された。OPCAB 施行中に on-pump CABG へ移行した症例はなく、病的上行大動脈への操作を避けるために人工心肺使用心拍動下 CABG(on-pump beating CABG)も2例に行った。

横浜労災病院心臓血管外科(〒222-0036 神奈川県横浜市港北区小机町3211)(本論文の要旨は第20回日本冠疾患学会学術集会、2006年12月・東京で発表した)
(2007.7.21 受付, 2009.8.25 受理)

表 1 術前因子

	O 群 (n=44)	C 群 (n=294)	p-value
年齢	71 (51 ~ 93)	63 (30 ~ 83)	p<0.01
脳血管障害	13 (29.5%)	24 (8.1%)	p<0.01
(重症)	13 (29.5%)	0 (0%)	p<0.01
(中等症)	0 (0%)	24 (8.1%)	n.s. (0.06)
肺機能障害 (%VC<80, FEV1.0% <70)	6 (13.6%)	9 (3.1%)	p<0.01
低左心機能 (EF<35%)	2 (4.5%)	7 (2.4%)	n.s. (0.33)
慢性透析	2 (4.5%)	7 (2.4%)	n.s. (0.33)
緊急手術	3 (6.8%)	25 (8.5%)	n.s.
急性心筋梗塞	0 (0%)	8 (2.7%)	n.s.
Shock	0 (0%)	3 (1.0%)	n.s.

重症：1年以内の脳梗塞の既往，脳循環に重要である主幹動脈に70%以上の狭窄あるいは閉塞，中等症：1年以上経過した脳梗塞の既往，脳循環に重要である主幹動脈の狭窄は70%未満，EF: left ventricular ejection fraction, VC: vital capacity, FEV1.0%: forced expiratory volume in one second / forced vital capacity × 100 (%)

表 2 手術結果

	全体 (n=338)	O 群 (n=44)	C 群 (n=294)	p-value
病院死亡	9 (2.7%)	1 (2.2%)	8 (2.7%)	n.s.
(待機手術)	3 (0.97%)	1 (2.4%)	2 (0.7%)	n.s. (0.34)
(緊急手術)	6 (21.4%)	0 (0.0%)	6 (24.0%)	n.s.
術後脳梗塞	2 (0.59%)	0 (0.0%)	2 (0.6%)	n.s.
呼吸不全	10 (3.0%)	3 (6.8%)	7 (2.0%)	n.s. (0.13)
術後 LOS	1 (0.3%)	0 (0.0%)	1 (0.3%)	n.s.
PMI	3 (0.9%)	0 (0.0%)	3 (1.0%)	n.s.
血液浄化	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	n.s.
縦隔炎	2 (0.6%)	0 (0.0%)	2 (0.6%)	n.s.
不整脈	66 (19.5%)	7 (16.0%)	59 (20.1%)	n.s. (0.68)
他家血輸血	80 (23.7%)	5 (11.4%)	75 (25.5%)	p<0.05
バイパス枝数	2.86	1.86	3.01	p<0.01
開存率	96.3%	93.8%	96.5%	n.s. (0.29)

LOS: low output syndrome, PMI: perioperative myocardial infarction

手術成績に影響すると思われる術前因子を表1に示す。O群で，平均年齢は高く，脳血管障害および肺機能障害が多かった。慢性血液透析と低左心機能(左室駆出率<35%)もO群に多い傾向であった。緊急手術(カテーテル検査後24時間以内)の頻度は両群に同様であったが，急性心筋梗塞およびショック状態は，全てC群であった。

術後結果を表2に示す。手術死亡を含めた病院死亡は2.7%であった。待機手術では0.97%に留まり，O群で2.4%(慢性透析の1例)，C群では0.7%であった。緊急手術ではC群にのみ6例の死亡を認めた。術後脳梗塞はO群では認めず，C群に2例(0.6%)合併した。呼吸不全はむしろO群に多い(6.8%)傾向であった。ちなみに呼吸不全とは術後酸素化能不良にて2日間以上人工呼吸器管理を要したものあるいは再挿管を要したものとした。また

C群では術後LOS(low output syndrome)を1例(0.3%)，PMI(perioperative myocardial infarction)を3例(1.0%)，縦隔炎を2例(0.6%)合併し，O群ではどれも認めなかった。血液浄化法を必要とした急性腎不全は両群とも発生しなかった。他家血輸血はC群で多く必要とし，不整脈の出現率はO群16.0%，C群20.1%であった。ちなみに不整脈とは術後に発症し薬物治療を要したものとした。平均バイパス枝数はO群(1.86本)よりC群(3.01本)で多く，術後退院前に造影し得たグラフト早期開存率はO群(93.8%)よりC群(96.5%)で良好の傾向であった。

表3に術前肺機能障害分類と術後呼吸不全数を示す。閉塞性障害では術式にかかわらず術後呼吸不全の発生が高率(33.3%)であった。

表3 術前肺機能障害分類と術後呼吸不全数

肺機能障害	術後呼吸不全数 / 肺機能障害症例数(発生率%)	
	O群	C群
拘束性障害(%VC<80)	0/0(0%)	0/6(0%)
閉塞性障害(FEV1.0% <70)	2/6(33.3%)	1/3(33.3%)

VC: vital capacity, FEV1.0%: forced expiratory volume in one second / forced vital capacity × 100(%)

IV. 考 察

2004年度日本冠動脈外科学会の統計¹⁾では、初回単独冠動脈バイパス術におけるOPCABの割合が急増している。しかし未だon-pump CABGに比べ平均バイパス本数は少なく、障害枝数が増加するとOPCABの割合が減少しており、術後のバイパス開存率にも差が認められたとの報告も見られる²⁾。OPCABと比較しon-pump CABGのほぼ異論のない利点³⁾は、拡張した心臓への操作が容易であり、心拍動下では難しい吻合には有利なことである。その結果としてバイパス本数が多く開存率が高いゆえ²⁾、中長期遠隔成績で心事故回避率が良好であること⁴⁻⁶⁾が報告されている。欠点として術中出血量が多くなる^{4, 5, 7)}と指摘される。以上は、この度の集計でも同様傾向が認められたが、術後合併症の多寡についてはさらなる検証の余地があると考ええる。

当施設ではon-pump CABGの利点を重要視し、これまで第一選択としてきた。加えて、急性心筋梗塞などショック状態に陥っている緊急例や、低左心機能でも多枝バイパスが望ましい症例にはon-pump CABGを選択した。結果、死亡率に関しては待機手術において両群を合わせ0.97%であり、全国統計¹⁾同様(1.02%)に良好であった。ちなみにO群では2.4%であったが、これは母数が44例と少ないためと考える。一方、緊急手術ではC群で6例を失った。原因は術前からのショック2例、術前からのLOSに加え肺炎から悪化した敗血症2例、術前心筋梗塞に起因する心室性不整脈2例であり、いずれも術前の循環動態悪化に影響された。

術後脳梗塞はO群に発生せずC群にのみ2例に発生し、全体では0.59%に留まった。これは周術期脳合併症の主たる原因と考えられている、脳血管病変の合併による術中脳低灌流⁸⁻¹⁰⁾、手術操作などによる上行大動脈からの塞栓症^{11, 12)}、不整脈などに起因する血栓塞栓症¹³⁾に対処予防した効果と考えられる。当施設では脳血管障害の術前評価を神経内科と行い、術中脳低灌流のリスクが高いと判断した症例にはOPCABを選択し、中等度以下のリスクではon-pump CABGを選択可能としてきた(表1)。結果として脳低灌流が原因と考えられる術後脳梗塞

は発症しておらず、術前脳血管障害の程度判定と術式選択方針は妥当と思われた。上行大動脈病変からの塞栓症予防のため、術前CT検査と術中エコー検査で上行大動脈を評価し、病変を認める場合には術中操作を制限あるいは回避している。高度病変を有するC群の1例で上行大動脈操作を行わないにもかかわらず術後脳梗塞を認め、大腿動脈送血との関連性が考えられた。以後大腿動脈送血では弓部大動脈以下の血管内腔に存在する粥腫等を逆行性に脳へ送る危険性があるため、鎖骨下動脈も送血部位の選択肢に加えた。マルチスライスCT導入等検査精度の向上もあり、上行大動脈病変からの塞栓症予防は現状の方針で可能と思われる。術後に発症した難治性の頻脈性不整脈に起因する血栓塞栓症と考えられる脳梗塞もC群で1例認め、予防的抗凝固療法の重要性を再認識させられた。術後不整脈による脳梗塞発症はOPCABでも起こり得るものであり、不整脈合併時には予防的抗凝固療法が重要である。

閉塞性の肺機能障害例では、重症になるほど術後肺合併症が多いことが知られている。当施設では、術後早期の呼吸機能改善が認められる胸骨小切開下on-pump CABG¹⁴⁾を対象期間初期まで閉塞性肺機能障害例に選択していた。その後さらなる術後肺合併症低減を期待¹⁵⁾してOPCAB選択に転換した。しかしO群であっても術後呼吸不全を合併した(表3)。術後呼吸機能の悪化が必ずしも人工心肺のみによるのではない¹⁶⁾ならば、病的肺を抱える例ではOPCAB後といえども楽観し得るものではなく、人工心肺の如何にかかわらず術後管理が重要である。また胸骨小切開下で行うOPCAB¹⁷⁾でも術後早期に呼吸機能が改善することを期待して、閉塞性障害例に対する選択肢の一つとしている。

低左心機能例はO群に多く含まれる傾向となった。陳旧性心筋梗塞例では既に血行再建の対象領域が減少し多枝バイパスに至らぬこともある。僧帽弁手術や左室形成術が行われぬ例では最小限の血行再建に留まる場合もあり、OPCABが選択された2例とも左前下行枝への1枝バイパスであった。それに対しC群の7例では多枝バイパス(平均3.29枝)を行い、術後死亡や合併症もなく、全例で術後左室駆出率の改善が得られた。

周術期心筋梗塞や術後LOSは、低左心機能例も含まれるO群では発生せず、術前に循環不全例が含まれるC群で影響を受けた。循環不全例では術中心筋虚血障害を起こさないために、さらなる心筋保護法の改善を要する。心停止を行わないon-pump beatingも一つの選択肢¹⁸⁾と思われる。

慢性血液透析患者では両群で1例ずつの死亡を認めたが、他の合併症は認めなかった。C群の死亡原因は術前からの急性心筋梗塞に伴うショックであった。O群の1例は閉塞性肺機能障害を合併しており、術後再挿管から肺炎、多臓器不全となり死亡した。また術前の血清クレアチニンが2.0 mg/dlを越える腎機能低下症例を両群とも数%ずつ認めたが、これらを含め術後血液浄化療法を要すことはなく、その他合併症も認めなかった。

C群で糖尿病コントロール不良の若年2症例に術後縦隔炎を認めた。その後内胸動脈剥離に超音波メスを使用¹⁹⁾してからは縦隔炎の合併はなく、長期成績の有用性から糖尿病患者であっても両側内胸動脈使用²⁰⁾が必要と考えている。

術後不整脈合併率は術式による差異は認められず、また不整脈が原因で入院期間が延長¹³⁾することはなかった。

人工心肺使用時には他家血輸血を多く必要としたが、人工心肺回路等の改良²¹⁾によって輸血量の低減が期待できる。また回路内残血の濃縮返血も他家血輸血率低下に有用である。血小板減少を伴う症例もC群に数例認めたが、濃厚血小板輸血で止血困難に陥ることなく対処可能であった。ただし肝硬変がChild Bの場合、人工心肺下の手術はリスクが高く²²⁾、OPCABを選択することが適切と思われた。

O群において平均バイパス枝数が1.86本とC群よりも少なかった。これはPCIと組み合わせたハイブリッド治療²³⁾が14例、癌手術治療に先行して行うため通常であればPCIが適応の1~2枝病変が7例あることも影響した。

V. 結 語

On-pump CABGを第一選択とし、適応を選んでOPCABを行う方針によるCABGの成績を検討した。死亡率、合併症発生頻度から現在の術式選択方針は妥当と思われる。しかし人工心肺の低侵襲化²¹⁾や、手術手技の工夫、他家血輸血の回避方策、不整脈の予防などに努力し、高齢化と共に合併症も増加する²⁴⁾ため術前リスク評価もより厳密に行うなどして、さらにon-pump CABGの成績を向上させていく必要はあると考えられた。

文 献

- 1) 瀬在幸安, 折目由紀彦, 塚本三重生: わが国の冠動脈外科の現状: 2004年度全国冠動脈外科アンケート結果. 冠疾患誌 2006; 12: 9-16

- 2) Khan NE, De souza A, Mister R, Flather M, Clauge J, Davies S, Collins P, Wang D, Sigwart U, Pepper J: A randomized comparison of off-pump and on-pump multivessel coronary-artery bypass surgery. *N Engl J Med* 2004; **350**: 21-28
- 3) Sellke FW, DiMaio JM, Caplan LR, Ferguson TB, Gardner TJ, Hiratzka LF, Isselbacher EM, Lytle BW, Mack MJ, Murkin JM, Robbins RC: Comparing on-pump and off-pump coronary artery bypass grafting. *Circulation* 2005; **111**: 2858-2864
- 4) Reston JT, Tregear SJ, Turkelson CM: Meta-analysis of short-term and mid-term outcomes following off-pump coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg* 2003; **76**: 1510-1515
- 5) Williams ML, Muhlbaier LH, Schroder JN, Hata JA, Peterson ED, Smith PK, Landolfo KP, Messier RH, Davis RD, Milano CA: Risk-adjusted short- and long-term outcomes for on-pump versus off-pump coronary artery bypass surgery. *Circulation* 2005; **112** (9 Suppl): I366-I370
- 6) Racz MJ, Hannan EL, Isom OW, Subramanian VA, Jones RH, Gold PJ, Ryan TJ, Hartman A, Culliford AT, Bennett E, Lancey RA, Rose EA: A comparison of short- and long-term outcomes after off-pump and on-pump coronary artery bypass graft surgery with sternotomy. *J Am Coll Cardiol* 2004; **43**: 557-564
- 7) Mack MJ, Pfister A, Bachand D, Emery R, Magee MJ, Connolly M, Subramanian V: Comparison of coronary bypass surgery with and without cardiopulmonary bypass in patients with multivessel disease. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2004; **127**: 167-173
- 8) Goto T, Yoshitake A, Baba T, Shibata Y, Sakata R, Uozumi H: Cerebral ischemic disorders and cerebral oxygen balance during cardiopulmonary bypass surgery: Preoperative evaluation using magnetic resonance imaging and angiography. *Anesth Analg* 1997; **84**: 5-11
- 9) Suematsu Y, Nakano K, Sasako Y, Kobayashi J, Takamoto S: Strategies for CABG patients with carotid artery disease and perioperative neurological complications. *Heart Vessels* 2000; **15**: 129-134
- 10) 夜久 均, 嵩田泰之, 高橋章之, 山田義明, 福本 淳, 宮崎隆子, 北村信夫: Off-Pump CABGの手術成績と問題点 CABGのMorbidityを下げるか? 冠疾患誌 2001; 7: 185-188
- 11) Marshall WG Jr, Barzilai B, Kouchoukos NT, Saffitz J: Intraoperative ultrasonic imaging of the ascending aorta. *Ann Thorac Surg* 1989; **48**: 339-344
- 12) Davila-Roman VG, Barzilai B, Wareing TH, Murphy SF, Kouchoukos NT: Intraoperative ultrasonographic evaluation of the ascending aorta in 100 consecutive patients undergoing cardiac surgery. *Circulation* 1991; **84** (suppl III): III-47-III-53
- 13) Stamou SC, Dangas G, Dullum MK, Pfister AJ, Boyce SW, Bafi AS, Garcia JM, Corso PJ: Atrial fibrillation after beating heart surgery. *Am J Cardiol* 2000; **86**: 64-67
- 14) 北村昌也, 岡 徳彦, 阿倍恒平, 小見山秀一, 渡辺 直, 小柳 仁: 低侵襲冠動脈バイパス術後の早期回復要因としての呼吸機能の検討. *J Cardiol* 2000; **36**: 159-163
- 15) Baumgartner FJ, Yokoyama T, Gheissari A, Capouya ER, Panagiotides GP, Declusin RJ: Effect of off-pump coronary artery bypass grafting on morbidity. *Am J Cardiology*

- 2000; **86**: 1021–1022
- 16) 浜田良宏, 萩原洋司, 河内寛治: OPCAB と on-pump CABG における細胞外液量変化. 胸部外科 2004; **57**: 1106–1109
- 17) Doty DB, Dirusso GB, Doty JR: Full-spectrum cardiac surgery through a minimal incision: Mini-sternotomy (lower half) technique. Ann Thorac Surg 1998; **65**: 573–577
- 18) 高梨秀一郎: 冠動脈バイパス術: off-CABG か on-CABG か両方の EBM について: 現況と将来. 冠疾患誌 2004; **10**: 120–124
- 19) Parish MA, Asai T, Grossi EA, Esposito R, Galloway AC, Colvin SB, Spencer FC: The effects of different techniques of internal mammary artery harvesting on sternal blood flow. J Thorac Cardiovasc Surg 1992; **104**: 1303–1307
- 20) Berreklouw E, Rademakers PP, Koster JM, van Leur L, van der Wielen BJW, Westers P: Better ischemic event-free survival after two internal thoracic artery grafts: 13 years of follow-up. Ann Thorac Surg 2001; **72**: 1535–1541
- 21) Fromes Y, Gaillard D, Ponzio O, Chauffert M, Gerhardt MF, Deleuze P, Bical OM: Reduction of the inflammatory response following coronary bypass grafting with total minimal extracorporeal circulation. Eur J Cardio-thorac Surg 2002; **22**: 527–533
- 22) Klemperer JD, Ko W, Krieger KH, Connolly M, Rosengart TK, Altorki NK, Lang S, Isom OW: Cardiac operations in patients with cirrhosis. Ann Thorac Surg 1998; **65**: 85–87
- 23) Angelini G, Wilde P, Salerno T, Bosco G, Calafiore A: Integrated left small thoracotomy and angioplasty for multi-vessel coronary artery revascularization. Lancet 1996; **347**: 757–758
- 24) Estafanous FG, Loop FD, Higgins TL, Tekyi-Mensah S, Lytle BW, Cosgrove III DM, Roberts-Brown M, Starr NJ: Increased risk and decreased morbidity of coronary artery bypass grafting between 1986 and 1994. Ann Thorac Surg 1998; **65**: 383–389