

MDCT による冠動脈バイパス術後のグラフト評価

戸田 宏一, 小林順二郎, 中嶋 博之, 藤田 知之, 島原 佑介

Toda K, Kobayashi J, Nakajima H, Fujita T, Shimahara Y: **64-slice multidetector computed tomographic evaluation of coronary artery bypass grafting.** J Jpn Coron Assoc 2010; 16: 89-92

I. はじめに

冠動脈バイパス術(CABG)は、本邦においても年間2万例以上行われるようになり、特に本邦では人工心肺を使用しない心拍動下冠動脈バイパス手術(off-pump coronary artery bypass grafting; OPCAB)が広く行われ、患者の重症化や高齢化に対しても安全に手術ができるようになってきている。われわれの行ったOPCABと心停止下のCABGとを比較する前向き無作為比較試験¹⁾では、OPCAB群において、手術時間、輸血率の軽減が得られ、心筋障害・脳障害が少なくなることが示されている。一方、問題点として、バイパス本数が、通常のCABGと比べて少ない、グラフト閉塞あるいは狭窄による再手術、狭心症の再発、術後PCIの必要性の頻度がOPCABで高い傾向にあったとする報告もあり²⁾、術後のグラフト開存の確認は侵襲の少ないOPCABを進めていくうえで重要といえる。またCABGの長期予後をさらに良好にするために、動脈グラフトを多用、あるいはすべてのグラフトに動脈を使用するCABGが増加しているが、長期予後の改善には遠隔期でのグラフトの評価が重要である。術後のグラフト評価は通常心臓カテーテル造影検査にて行われてきたが、カテーテル検査の安全性は確立されているものの、侵襲的であり、心筋梗塞、脳梗塞、グラフトの解離などの合併症が知られている³⁾。また多くの場合は入院を要する。われわれはこれらに対して術後遠隔期においても外来にて施行できるMDCT(multidetector computed tomography)によるCABG術後グラフトの評価を行ってきた。本稿ではわれわれの経験を中心に本法およびその成績について述べる。

II. 当院での冠動脈バイパス術後MDCTによるグラフト評価方法とその成績

当科でのOPCABは1996年1月から2000年2月まではCABG全体のわずか3%(17/535)であったが、2000年

3月から2000年12月では68%(94/138)となり、2001年以降では90%以上に増加し、単独CABGにおいてはOPCABが標準術式となっている。

バイパスに用いるグラフトとしてはCABG術後患者の長期予後は、内胸動脈(ITA)グラフトを使用した方が良好であり、橈骨動脈グラフト(RA)は静脈グラフト(SVG)より開存性に優れているとする報告が多い⁴⁾ことからこれらを組み合わせて用いている。また脳梗塞を予防するため、われわれのOPCABにおいては上行大動脈をさわらない“aorta no-touch” technique⁵⁾として、ITAによるin situグラフトとITAとRAを組み合わせたcomposite graftを使用し、多枝バイパスを行う方針としている。一方でITAは狭窄の軽い冠動脈との間では血流競合を生じ、またRAもcomposite graftとして使用すると血流競合を起こす可能性はより高くなると考えられ、遠隔期の閉塞が危惧される。吻合する冠動脈の狭窄が50~75%であれば、この冠動脈を最終の吻合部においた場合や、4箇所以上のsequential吻合を行った場合に血流競合の危険性が高くなることが知られている⁶⁾。

以上の動脈composite graftの早期および長期予後を検討するために術直後の心臓カテーテル造影検査、遠隔期にはMDCTにてこれらのグラフトの開存性を検討した。対象は1998年から2005年までに施行した動脈composite graftを用いた単独CABG症例のうち検査施行しえた113例、128本のITAと257本のRAが用いられた。グラフトデザインはin situ ITAを67例に、in situ ITA+RA(Y-composite)を48例に、in situ ITA+RA(I-composite)を51例に、in situ ITA+RA(K-composite)を16例に用いた(図1~3)。まずこれらを術直後の血管造影検査において造影が順行性であるか否かによってgrade A, B, Cに分類した(表1)。結果は図4に示す通りで、全体でのグラフト開存率は99.5%で、69%はflow competitionのないgrade Aであった。ITA, RAに分けて各々のグラフト開存率をみると、ITAは100%開存しており、一方RAの開存率は99.2%であった。またflow competitionのないgrade AグラフトはITAで87%とRAの60%に比して有意に多く認めた(図5)。こ

国立循環器病センター心臓血管外科(〒565-8565吹田市藤白台5-7-1)

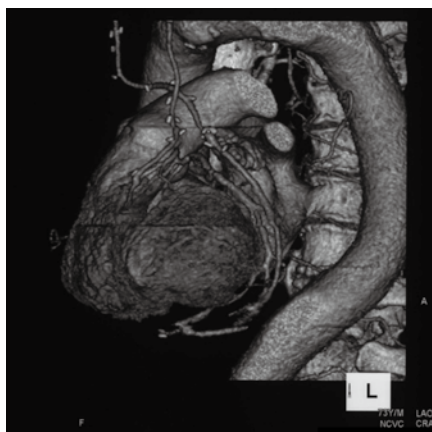
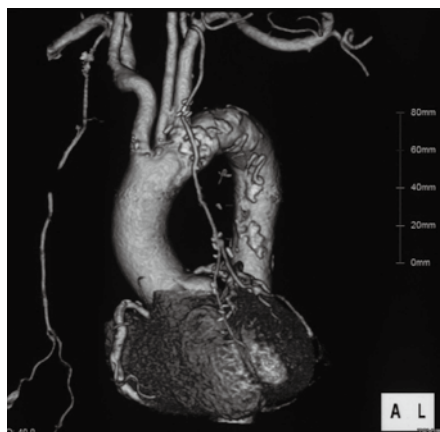


図1 In situ ITA + RA (Y-composite)

図2 In situ ITA + RA (I-composite)

図3 In situ ITA + RA (K-composite)

表1 Definitions of flow grading

| | | |
|---|-------------|---|
| A | Antegrade | ITA 造影で冠動脈が順行性にはっきりと造影される。 |
| B | Competitive | ITA 造影では冠動脈が少し順行性に造影され、逆に冠動脈造影で ITA が逆行性に造影される。 |
| C | Reverse | ITA 造影では冠動脈は造影されず、逆に冠動脈造影で ITA が逆行性にはっきり造影される。 |

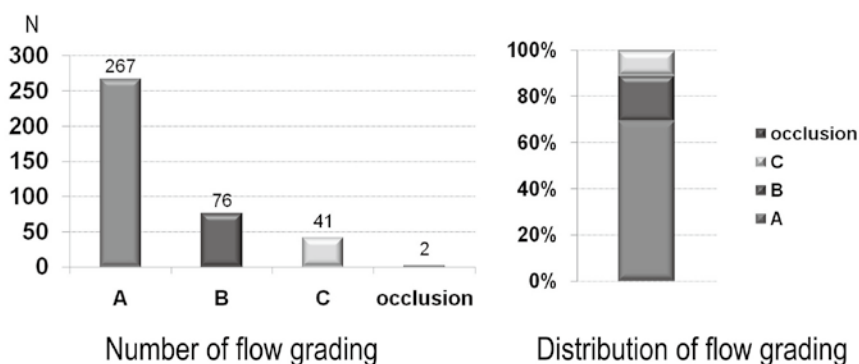


図4 Early angiographic results 1

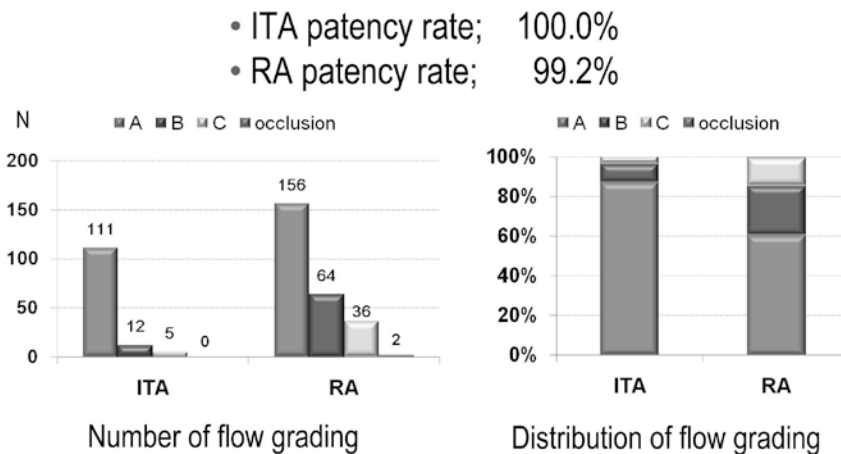


図5 Early angiographic results 2

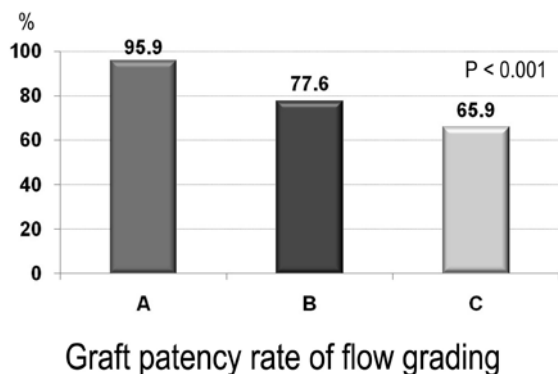


図6 Intermediate-term graft patency in follow-up MDCT

これらの症例を術後中期遠隔期(平均 3.3 ± 1.2 年後)に MDCT を用いてグラフト評価した。Dual source CT (Siemens SOMATOM Definition, 64 slice)を用い、ミリスロール舌下錠を血管拡張剤として投与し、心拍数のコントロールはしていない。造影剤はイオパミドール 370 またはイオヘキソール 350 を患者の体格に応じて投与速度 $3.0 \sim 5.0$ ml/sec の間 (0.06 ml/sec·kg) で調整している。造影開始のタイミングは bolus tracking 法で決め、scanning range は全てのグラフトと ITA の根元が映るまでとしている。呼吸止めは 12~20 秒必要であった。

結果は全体で見ると、グラフト開存率は 89.1% であり、特に術直後の血管造影で graft flow grade A のグラフトの遠隔期開存率は 95.9% と grade B, C に比して有意に良好であった(図 6)。これをグラフト別にみると、ITA の遠隔期開存率は 95.3%、RA は 85.7% であり、両グラフトともに術直後 graft flow grade A のグラフトは grade B, C のグラフトに比して有意に良好な遠隔期グラフト開存率を示した(図 7)。

III. 考 察

CABG は冠動脈インターベンションに比べて長期予後が良いことが知られているが、15 年以上の長期になると SVG の 50% が、動脈グラフトの 20% が閉塞することが知られており⁷⁾、遠隔期におけるバイパスグラフトの評価は重要である。ACC/AHA ガイドラインでは CABG 術後の虚血の評価としては運動または薬剤負荷による SPECT または心エコーが推奨されているが、グラフト自身の開存の有無の判定には MDCT の精度が最も優れている⁸⁾。

16 列 MDCT によって低侵襲な CABG グラフトの評価が可能となったが⁹⁾、不整脈の患者ではその評価は難しかった。64 列 CT の登場により時間、空間分解能がより改善し正確な評価が可能となった¹⁰⁾。その精度は 2008 年の AHA の scientific statement によると感度: 93%、特異性: 96% と報告されている¹¹⁾。一方 Meyer らによると

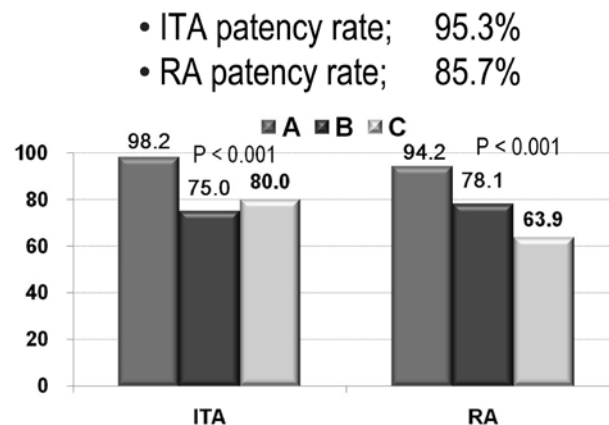


図7 Intermediate-term graft patency in follow-up MDCT

138 人の CABG 術後患者の 406 本のバイパスグラフトで血管造影と MDCT との比較を調べたところ、98% のバイパスグラフトで評価が可能であり、感度、特異性ともに 97% で、これらに動脈グラフトと静脈グラフトでの違いは認めなかった。しかしながら不整脈のある患者、心拍数 > 65 /min の患者では評価が可能であるグラフトは全体の 94~95% に有意に減少している。また 16 列 MDCT で問題となった金属製の血管クリップによるアーチファクトも改善し、息止め時間が短縮されたことにより、16 列 MDCT では評価が難しかった ITA の根元も評価できるようになった¹⁰⁾。われわれの経験ではこれは術前の ITA の評価にも役立っている。また空間分解能の改善により径の細かい動脈グラフトの評価の精度も向上した。Weustink らの報告では 52 人、152 本のグラフトで心拍数が 64.5 ± 13.2 /min ($48 \sim 92$) にコントロールされておれば同様に動脈グラフト、静脈グラフトともに 98% でグラフト狭窄の評価が可能であり、その感度、特異性はともに 100% であった。また彼らの報告ではバイパスされた冠動脈の評価は感度、特異性は各々 100%、96% で、バイパスされていない冠動脈ではその感度、特異性は各々 97%、92% で、グラフト評価における MDCT の有用性が指摘されている¹²⁾。

一方 64 列 MDCT の登場に伴い冠動脈自身の評価の精度も改善しており¹³⁾、total 病変において術前 CAG でその開存が不明な場合でも MDCT によってその開存が確認され small vessel に対してもバイパスが可能となっている。

OPCAB 術後のグラフト評価は Mannacio らによってなされている¹⁴⁾。心房細動の患者を除外した 25 人の患者で動脈グラフトによる OPCAB が行われ、20 箇所動脈 Y-composite graft、4 箇所動脈 K-composite graft を含む 73 本のグラフトが 64 列 MDCT によって評価された。彼らは $HR > 65$ /min の症例ではプロポホルなどの鎮静剤を用いて心拍数をコントロールすることで 71/73 (97%) でグラフト評価が可能であったとしている。

本法では造影剤を使用するため、その限界は $Cr_{in} > 1.5$

の腎機能不全患者，造影剤アレルギーの患者には使いにくいことにある。また通常の血管造影に比べて被曝量が多いことも無視できない¹⁵⁾。われわれは心時相の要らない部分で線量を減らす，ECG dose modulation を用いることにより被曝量を減らす工夫をしている。また MDCT によるグラフト評価の精度は SPECT，stress 心エコー，心臓 MRI などの低侵襲検査の中で最も精度が高いものとなっているが，機能的な評価ができないという欠点がある⁸⁾。これに対して perfusion 心臓 MRI はグラフトの評価としては感度：77%，特異性：90%と MDCT に劣るものの，これに gadolinium delayed enhancement を組み合わせることによって viability のない心筋梗塞部がわかり，また adenosine stress perfusion imaging と組み合わせることにより心筋梗塞周囲の虚血もわかり，CABG 術後遠隔期の血行再建の必要性の有無を判断するうえで有用という報告もある¹⁶⁾。

IV. まとめ

近年技術革新の目覚ましい MDCT による冠動脈バイパス術後のグラフト評価は，多くの症例で可能となり，その感度，特異性も他の低侵襲な検査法に比しても優れている。一方で造影剤，被曝の問題，また機能的な評価ができないといった問題点もあり，今後とも他の検査方法と組み合わせた総合的な評価が冠動脈バイパス術後患者にとって重要と考えられる。

文 献

- 1) Kobayashi J, Tashiro T, Ochi M, Yaku H, Watanabe G, Satoh T, Tagusari O, Nakajima H, Kitamura S: Japanese Off-Pump Coronary Revascularization Investigation (JOCRI) Study Group: Early outcome of a randomized comparison of off-pump and on-pump multiple arterial coronary revascularization. *Circulation* 2005; **112** (suppl I): I-338-I-343
- 2) Arom KV, Flavin TF, Emery RW, Kshetry VR, Janey PA, Petersen RJ: Safety and efficacy of off-pump coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg* 2000; **69**: 704-710
- 3) Scanlon PJ, Faxon DP, Audet AM, Carabello B, Dehmer GJ, Eagle KA, Legako RD, Leon DF, Murray JA, Nissen SE, Pepine CJ, Watson RM, Ritchie JL, Gibbons RJ, Cheitlin MD, Gardner TJ, Garson A Jr, Russell RO Jr, Ryan TJ, Smith SC Jr: ACC/AHA guidelines for coronary angiography. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on practice guidelines (Committee on Coronary Angiography). Developed in collaboration with the Society for Cardiac Angiography and Interventions. *J Am Coll Cardiol* 1999; **33**: 1756-1824
- 4) Desai ND, Cohen EA, Naylor CD, Fremes SE: A randomized comparison of radial-artery and saphenous vein coronary bypass grafts. *N Engl J Med* 2004; **351**: 2262-2264
- 5) Kobayashi J, Sasako Y, Bando K, Niwaya K, Tagusari O, Nakajima H, Nakamura Y, Ishida M, Kitamura S: Multiple off-pump coronary revascularization with "aorta no-touch" technique using composite and sequential methods. *Heart Surg Forum* 2002; **5**: 114-118
- 6) Nakajima H, Kobayashi J, Tagusari O, Niwaya K, Funatsu T, Kawamura A, Yagihara T, Kitamura S: Angiographic flow grading and graft arrangement of arterial conduits. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2006; **132**: 1023-1029
- 7) Fitzgibbon GM, Kafka HP, Leach AJ, Keon WJ, Hooper GD, Burton JR: Coronary bypass graft fate and patient outcome: angiographic follow-up of 5,065 grafts related to survival and reoperation in 1,388 patients during 25 years. *J Am Coll Cardiol* 1996; **28**: 616-626
- 8) Plein S: Noninvasive assessment of coronary artery bypass graft disease: the potential role of contrast-enhanced cardiac magnetic resonance. *JACC Cardiovasc Imaging* 2009; **2**: 446-448
- 9) Martuscelli E, Romagnoli A, D'Eliseo A, Tomassini M, Razzini C, Sperandio M, Simonetti G, Romeo F, Mehta JL: Evaluation of venous and arterial conduit patency by 16-slice spiral computed tomography. *Circulation* 2004; **110**: 3234-3238
- 10) Meyer TS, Martinoff S, Hadamitzky M, Will A, Kastrati A, Schömig A, Hausleiter J: Improved noninvasive assessment of coronary artery bypass grafts with 64-slice computed tomographic angiography in an unselected patient population. *J Am Coll Cardiol* 2007; **49**: 946-950
- 11) Bluemke DA, Achenbach S, Budoff M, Gerber TC, Gersh B, Hillis LD, Hundley WG, Manning WJ, Printz BF, Stuber M, Woodard PK: Noninvasive coronary artery imaging: magnetic resonance angiography and multidetector computed tomography angiography: a scientific statement from the American Heart Association Committee on cardiovascular imaging and intervention of the council on cardiovascular radiology and intervention, and the councils on clinical cardiology and cardiovascular disease in the young. *Circulation* 2008; **118**: 586-606
- 12) Weustink AC, Nieman K, Pugliese F, Mollet NR, Meijboom BW, van Mieghem C, ten Kate GJ, Cademartiri F, Krestin GP, de Feyter PJ: Diagnostic accuracy of computed tomography angiography in patients after bypass grafting: comparison with invasive coronary angiography. *JACC Cardiovasc Imaging* 2009; **2**: 816-824
- 13) Ehara M, Kawai M, Surmely JF, Matsubara T, Terashima M, Tsuchikane E, Kinoshita Y, Ito T, Takeda Y, Nasu K, Tanaka N, Murata A, Fujita H, Sato K, Kodama A, Katoh O, Suzuki T: Diagnostic accuracy of coronary in-stent restenosis using 64-slice computed tomography: comparison with invasive coronary angiography. *J Am Coll Cardiol* 2007; **49**: 951-959
- 14) Mannacio VA, Imbricco M, Iesu S, Giordano AL, Di Tommaso L, Vosa C: 64-slice multidetector computed tomographic evaluation of arterial conduit patency after off-pump coronary artery bypass grafting. *Tex Heart Inst J* 2009; **36**: 409-415
- 15) Einstein AJ, Henzlova MJ, Rajagopalan S: Estimating risk of cancer associated with radiation exposure from 64-slice computed tomography coronary angiography. *JAMA* 2007; **298**: 317-323
- 16) Klein C, Nagel E, Gebker R, Kelle S, Schnackenburg B, Graf K, Dreyse S, Fleck E: Magnetic resonance adenosine perfusion imaging in patients after coronary artery bypass graft surgery. *JACC Cardiovasc Imaging* 2009; **2**: 437-445