

3. OPCAB (Off-Pump Coronary Artery Bypass) の現状

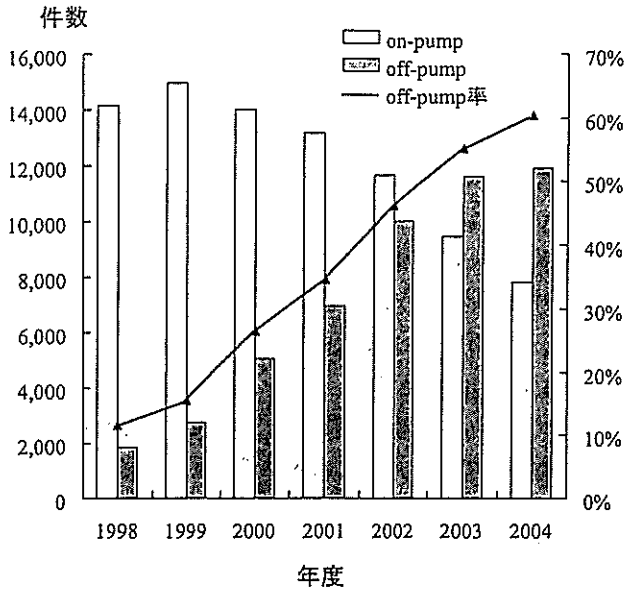


図2 本邦における冠動脈バイパス手術件数の年次推移
本邦における OPCAB の頻度は、2001 年で 35%、2002 年で 46%、2003 年で 55%、2004 年で 60% と漸増している。

輸血量の減少が報告されている^{9)~11)}。当センターでの 2000 年の OPCAB 成績においても同様の結果が出ている¹²⁾。また、手術死亡率、周術期心筋梗塞も人工心肺による CABG に比べて低かったとされている⁹⁾。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 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る¹⁰⁾。しかしながら、合併症を有する患者においては OPCAB が第一選択であることは Level B, Class II-a の EBM として認められていると考えられる¹³⁾¹⁴⁾。

それでは人工心肺のリスクの低い患者において動脈グラフトを多く使用した OPCAB は妥当であろうか。我々は、OPCAB に習熟した 5 施設で、OPCAB と心停止下の CABG を比較する前向き無作為比較試験を行ってきた¹⁵⁾。70 歳未満の合併症のない CABG 患者においても、OPCAB 群において、グラフト吻合数は同じで、手術時間・輸血率の短縮が得られ、心筋障害・脳障害が少なくなることが示された。しかし、OPCAB 群において、グラフト開存率は同じであったが、狭窄のない開存率では、橈骨動脈グラフトと右冠動脈への吻合において劣ることが示された。現時点では OPCAB を標準術式とすることは、通常の CABG に充分経験のある外科医及び施設においてのみ妥当であると

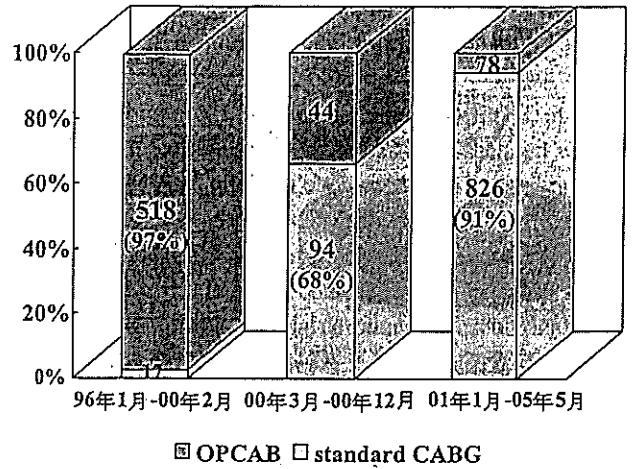


図3 国立循環器病センターにおける OPCAB の頻度
OPCAB 症例は、2000 年 2 月までは CABG 全体のわずか 3% であったが、2000 年 3 月から 2000 年 12 月では 68%、2001 年以降では 91% に増加した。

考えられる。また、日本胸部外科学会の統計によると、初回待機手術で OPCAB から、人工心肺使用に転換した症例の病院死亡率が約 6% と高いことも注意すべき点である。

VI. 国立循環器病センターにおける OPCAB

当センターにおいては、1997 年 5 月より MIDCAB を施行してきたが、グラフト吻合の成績が不良で、術後に PCI が必要となるなどの合併症の発生が多かった。そこで、人工心肺を使用しないことが最大のメリットと考え、胸骨正中切開で、スタビライザーを用いて動脈グラフトによる多枝 OPCAB を施行する方針に変更した。この傾向は本邦全体の傾向に一致する。

1996 年 1 月から 2005 年 5 月までに当センターにて施行した単独 CABG 症例は、1,577 例であった。OPCAB 症例は、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)、2001 年以降では 91% (826/904) に増加した (図 3)。

我々は、CABG における脳梗塞を予防するため、上行大動脈をさわらない “aorta no-touch” technique¹⁶⁾ として、in situ グラフトとコンポジット・グラフトを使用して、多枝バイパスを行う方針としている。また、CABG 術後患者の長期予後は、ITA グラフトを使用した方が良好であることから、可能な限り動脈グラフトを多用している¹⁷⁾。

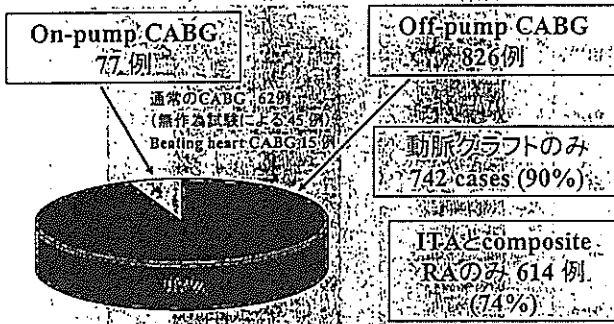


図4 国立循環器病センターにおける単独CABGの手術術式内訳—2001年1月から2005年5月までの連続する903例。OPCAB症例が全体の93%で、このうち動脈グラフトのみの症例が全体の90%であった。ITA: 内胸動脈, RA: 横骨動脈。

2001年1月から2005年5月までに施行した連続する単独CABG症例903例のうちOPCAB症例が826例(93%)(うちMIDCAB5例)で、このうち動脈グラフトのみの症例が742例(全体の90%)であった(図4)。平均バイパス数は3.5本で、動脈グラフトの使用は吻合全体の95%であった。また両側ITAを、47%の患者で使用している。

手術成績は病院死亡率1.1%であった。グラフト早期開存率は、ITAで98.8%、RAでは98.2%であり、全体としては98.5%の開存率であった。

VII. 革新的な OPCAB

a) 外科手術支援ロボット・システムによるOPCAB
前述したように、MIDCABの早期成績が不良で、MIDCABが減少している。この原因の一つとして、MIDCABでは十分な長さのLITAを採取することが困難で、LITAの細い部分での吻合となることがあげられる。LITAの採取は胸腔鏡でもおこなわれているが、心臓外科医が習熟するには時間がかかる。また、既存の胸腔鏡用の手術器具の作業軸は、挿入部のポートの部分で規定される。このため、通常の胸腔鏡下でのLITA採取は一部の外科医で行われているが、完全内視鏡下のCABG(Totally endoscopic coronary artery bypass: TECAB)手術は、本邦ではほとんど行われていない。

現在市販されているIntuitive Surgical社のda Vinci外科手術ロボット・システムの装置は、遠隔操作可能な高性能ロボットの先端に取り付けたリスト型鉗子類が術者の手の変わりとして、切除・縫合を行うロボッ

ト・マニピュレーター及び三次元の内視鏡、そしてこれらをコンピューターによりコントロールするコンソールからなる。da Vinciシステムを使用しLITAをLADに吻合するTECABも欧米では行われるようになってきているが¹⁸⁾、本邦では当センターで行っているLITAの採取にとどまっている。多枝バイパスを行うTECABは未だ実現していないが、自動吻合器が冠動脈に対しても使用できるようになれば近い将来ロボットを用いたTECABが可能となると思われる。

b) Awake OPCAB

硬膜外ブロックで自発呼吸を残し、気管挿管せず、局所麻酔だけで行うOPCAB手術がAwake OPCABである¹⁹⁾。硬膜外ブロックで、徐脈や冠動脈の拡張が得られるとされている。トルコのKaragozらは、OPCAB全体の6%の患者487例にこのAwake OPCABを行っている。88%の症例が、左開胸によるOPCABである。金沢大学の渡邊らも、50例以上の患者にAwake OPCABを行っている。この手術は、究極の低侵襲OPCABであるが、現時点では気管挿管や全身麻酔が禁忌となる患者に適応が限られると考えられる。

c) Hybrid CABG

Hybrid CABGはMIDCAB全盛時代に行われていた側開胸でLITAをLADに吻合し、その他の部位をPCIにて冠血行再建を行う方法である²⁰⁾。手術室に心臓カテテル検査を行える装置がある部屋で、MIDCABに引き続いてLITAの確認造影と、PCIを行う方法が効率的と考えられる。左主幹部病変を有して、右冠動脈狭窄が軽いType Aの病変を有する患者がよい適応と考えられる。外科手術支援ロボット・システムを使用したMultivessel Small Thoracotomy (MVST)としてLITAとRAのコンポジット・グラフトでOPCABをLADと回旋枝に行い、RCAにPCIを行うことで、より低侵襲の手術が行えると考えられる。

文 献

- 1) Loop FD, Lytle BW, Cosgrove DM, et al.: Influence of the internal mammary artery graft on 10-year survival and other cardiac events. *N Engl J Med*, 314: 1-6, 1986.
- 2) Kitamura S, Kawachi K, Taniguchi S, et al.: Long-term benefits of internal thoracic artery-coronary artery bypass in Japanese patients. *Jpn J Thorac Cardiovasc Surg*, 46: 1-10, 1998.
- 3) Subramanian VA: Less invasive arterial CABG on a beating heart. *Ann Thorac Surg*, 63: S68-71, 1997.
- 4) Calafiore AM, Giammarco GD, Gallina S, et al.: Mid-

3. OPCAB (Off-Pump Coronary Artery Bypass) の現状

- term results after minimally invasive coronary surgery (LAST operation) . J Thorac Cardiovasc Surg, 115 : 763—771, 1998.
- 5) Gründeman PF, Borst C, van Herwaarden JA, et al. : Vertical displacement of the beating heart by the octopus tissue stabilizer: Influence on coronary flow. Ann Thorac Surg, 65 : 1348—1352, 1998.
- 6) Lima R : Surgical techniques of coronary artery exposure. In : Salerno TA, et al. (ed). Beating heart coronary artery surgery. Futura Publishing Company, Inc., Armonk, NY, pp21—34, 2001.
- 7) 日本冠動脈外科学会ホームページ. <http://www.med.nihon-u.ac.jp/jacas/result2004.html>
- 8) 日本胸部外科学会ホームページ. <http://www.nv-med.com/subhosts/jats/journal/>
- 9) Cartier R, Brann S, Dagenais F, et al. : Systematic off-pump coronary artery revascularization in multivessel disease: experience of three hundred cases. J Thorac Cardiovasc Surg, 119 : 221—229, 2000.
- 10) Arom FV, Flavin TF, Emery RW, et al. : Safety and efficacy of off-pump coronary artery bypass grafting. Ann Thorac Surg, 69 : 704—710, 2000.
- 11) Puskas JD, Williams WH, Mahoney EM, et al. : Off-pump vs conventional coronary artery bypass grafting: Early and 1-year graft patency, cost, and quality-of-life outcomes: A randomized trial. JAMA, 291 : 1841—1849, 2004.
- 12) Ishida M, Kobayashi J, Tagusari O, et al. : Perioperative advantages of off-pump coronary artery bypass grafting. Circulation J, 66 : 795—799, 2002.
- 13) Cleveland JC, Shroyer AL, Chen AY, et al. : Off-pump coronary artery bypass grafting decreases risk-adjusted mortality and morbidity. Ann Thorac Surg, 72 : 1282—1288, 2001.
- 14) Plomondon ME, Cleveland Jr JC, Ludwig ST, et al. : Off-pump coronary artery bypass is associated with improved risk adjusted outcomes. Ann Thorac Surg, 72 : 114—119, 2001.
- 15) Kobayashi J, Tashiro T, Ochi M, et al. : Early outcome of a randomized comparison of off-pump and on-pump multiple arterial coronary revascularization . Circulation, 112 (suppl I) : I-338—343, 2005.
- 16) Kobayashi J, Sasako Y, Bando K, et al. : Multiple off-pump coronary revascularization with "aorta no-touch" technique using composite and sequential methods. Heart Surgery Forum, 5 : 114—118, 2002.
- 17) Kobayashi J, Tagusari O, Bando K, et al. : Total arterial off-pump coronary revascularization with only ITA and composite radial artery grafts. Heart Surgery Forum, 6 (1) : 30—37, 2003.
- 18) Falk V, Fann JI, Grünenfelder J, et al. : Total endoscopic computer enhanced beating heart coronary artery bypass grafting. Ann Thorac Surg, 70 : 2029—2033, 2000.
- 19) Karagoz HY, Sonmez B, Bakkaloglu B, et al. : Coronary artery bypass grafting in the conscious patient without endotracheal general anesthesia. Ann Thorac Surg, 70 : 91—96, 2000.
- 20) Zenati M, Cohen HA, Griffith BP : Alternative approach to multivessel coronary disease with integrated coronary revascularization. J Thorac Cardiovasc Surg, 117 : 439—446, 1999.

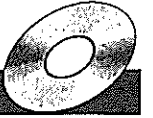
循環器医療の基礎から最新までをビジュアルで診る臨床専門誌

CIRCULATION

サーキュレーション・アツ・トゥ・デート

Up-to-Date

DVD付



特集

冠動脈疾患の外科治療 Technique & Technology

創刊記念・座談会 患者さんのため、望まれる求められる医療とは

連載

最先端医療 循環器系の再生医学

「骨髄単核球移植による虚血性疾患(下肢・心筋)の治療」

トラブルパターンから学ぶME機器の安全

「大動脈バルーンパンピング(IABP)」

心電図モニターでどこまで病気が読めるか

「P波が異常な波形」

実践! 心臓・冠動脈CTの撮り方・診方

「心臓・冠動脈CTの撮り方」

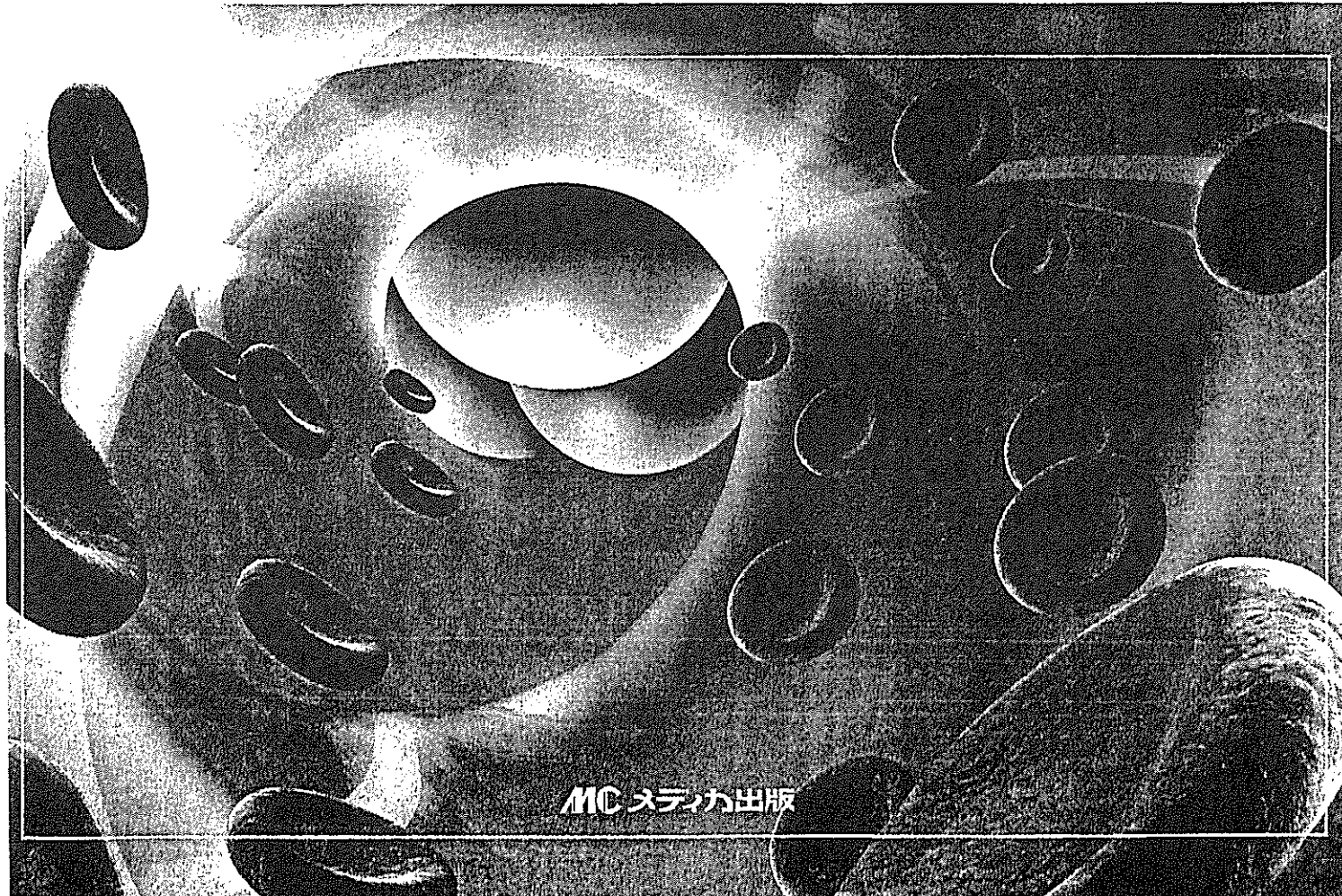
症例からみる・わかる 心血管エコー講座

「心エコー検査の進め方」

創刊

1

2006 Vol.1 No.1



MCメヂカ出版

特集

冠動脈疾患の外科治療 Technique & Technology

Composite graft

国立循環器病センター 冠動脈血管外科 部長

小森 昭三郎

Akihiko Komori

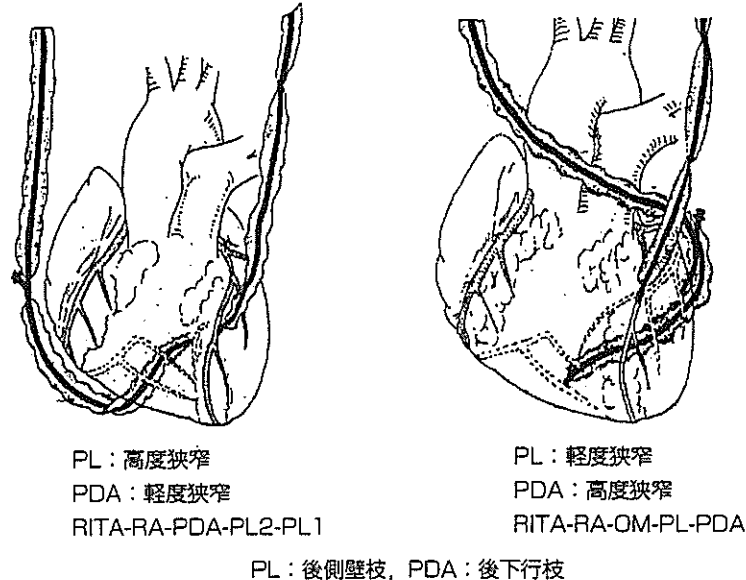
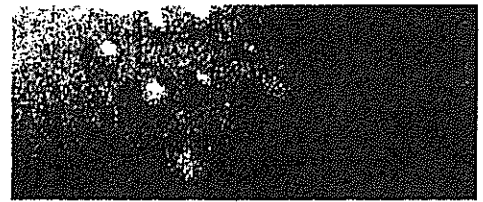
OPCAB における術式と グラフト選択

人工心肺を使用しない冠動脈バイパス術 (OPCAB ; **図1**) の大きな利点として、脳梗塞の頻度を減少させることが知られている。しかしながら、OPCAB においても上行大動脈を部分遮断してグラフト吻合を行うと、粥腫塞栓による脳梗塞が発生する危険性がある。上行大動脈に静脈グラフトあるいは橈骨動脈 (RA) グラフトを吻合する場合にはこの可能性を認識しなければならない。近年、上行大動脈を部分遮断せずに、静脈グラフトを上行大動脈に自動吻合できる器具や部分遮断せずに手縫いでグラフトを吻合するためのデバイスが発売されている。また胃大網動脈 (GEA) は、症例によりサイズ差があり、in-situ graft として必ずしも右冠動脈

領域に使用できると限らない。このため、当施設では、3カ所以上のバイパス吻合が必要な場合には内胸動脈 (ITA) と composite RA グラフトでの動脈グラフトのみの OPCAB を第一選択としている。静脈グラフトは、基本的に、RA を使用できない慢性腎不全患者、Allen テスト陽性患者、80歳以上の高齢者のみで使用している。aorta no touch technique として、in-situ graft と composite



図1 OPCAB



PL：後側壁枝，PDA：後下行枝
図1 狭窄の程度によるグラフト・デザイン
狭窄の軽い枝は，RAと側々吻合することにより血流の競合を防ぐ

graftを使用して，動脈グラフトが90%の症例で可能となっている^{1, 2)}。

グラフト・デザイン

グラフトのデザインを考える前に，まず，グラフトのinflowを片側ITAにするか，両側ITAにするかを決定する必要がある。片側ITA使用となるのは，75歳以上の高齢・どちらかの鎖骨下動脈に狭窄がある・インスリンを使用している糖尿病患者・ステロイドを使用・重症閉塞性肺疾患といった要因である。両側ITA使用が必要となるのは，若年者・左心室が大きい・バイパス吻合数が多い・75%程度の比較的狭窄の軽い大きな冠動脈の枝への吻合を要するといった要因である。前下行枝（LAD）が90%狭窄以上でない場

合には，composite graftをつけない単独ITAをLADに吻合するようにしている。また，体格の小さい高齢の女性では，ITAが細く脆弱であることが多いため，Y composite graftを付けた sequential bypassを行ったりすることがためられる。また，右内胸動脈（RITA）をクロスさせてLADに吻合させる症例は，将来大動脈弁の手術や上行弓部大動脈瘤の手術が必要にならないことが必要条件となる。

RAをsequential bypassで2カ所以上吻合する場合には，狭窄の軽い回旋枝や右冠動脈の枝で，吻合が終了しないようにする。すなわち，狭窄の軽い枝には，RAを側々で吻合し，狭窄の強い枝に端側で最終吻合することになっている（図1）。これらの工夫で，LADへのITAのやせ，RAの血

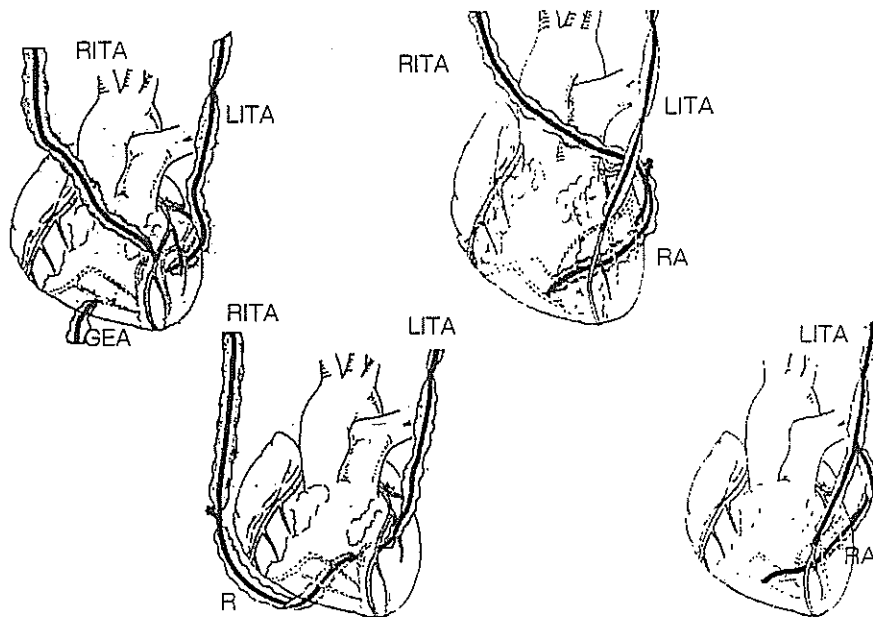


図2 いろいろなコンポジット動脈グラフトでのOPCAB

流競合がかなり避けられるようになっている。また場合によっては、RAを分割してYおよびI composite graftを作る場合もある。われわれの行うコンポジット・グラフトの主なデザインを図2に示した。

上行大動脈の性状が悪い場合には、大伏在静脈(SVG)をITAに吻合することが選択肢として考えられる。SVGをY compositeにした場合の、われわれの早期開存率は82%と不良で、慢性腎不全患者では、SVGの狭窄が急激に進行した症例がある。また、SVGをY compositeにした部位より末梢のITAが、72%の症例で狭窄あるいは閉塞を来したとの報告もあり、SVGをY compositeにすることは避けるべきと考えられる。

RITAをSVGで延長してI compositeとする方

法はしばしば行われているが、SVGを上行大動脈に吻合する場合に比べて、グラフト流量が少なくなると考えられる。これが、早期および遠隔期のグラフト開存性を低下させることが、危惧されるため、この方法も可能な限り避けるべきと考えられる。

RAが使用できない症例で、上行大動脈へのSVGの吻合ができない症例や、吻合すべき冠動脈が細く、run-offの悪い症例では、RITAをLITAに吻合してコンポジット・グラフトにしている(図3)。この方法は、RITAがLADに届かない場合や、鎖骨下動脈に狭窄のあるITAでもfree graftとして使用でき、in-situのLITAを使用する場合に比べて、ITAの太い部分が使用でき、RITAで2カ所以上のsequential吻合が行えるメ

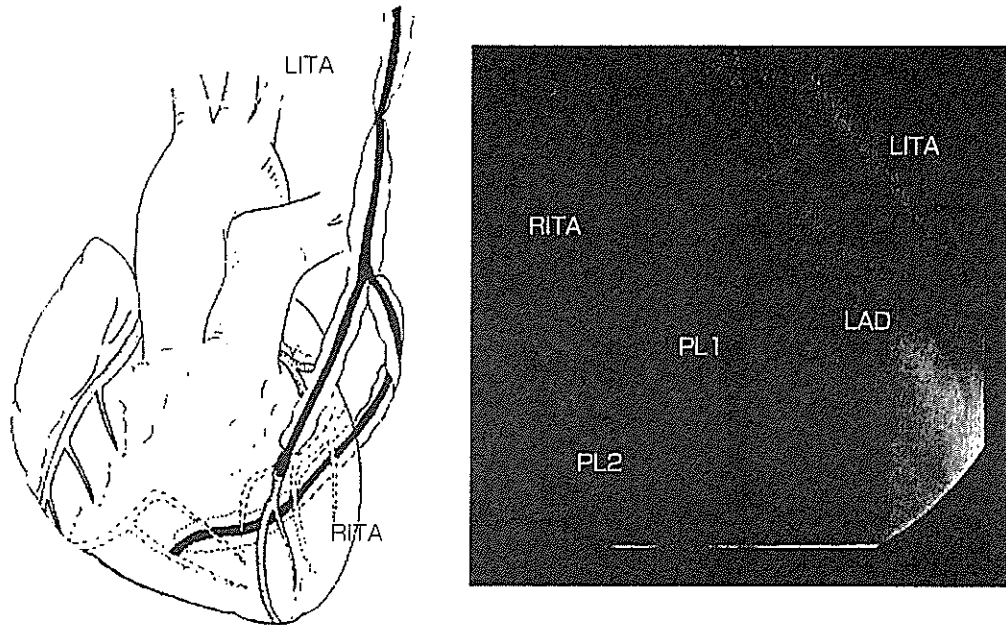
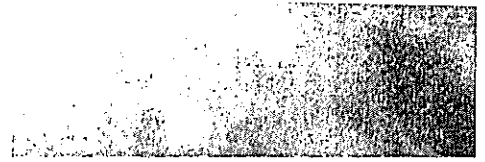


図3 RITAをfree graftにしたLITAとの Y composite

リットがある。口径差や壁厚の差がないので RITA は LITA に端側に吻合してよい。

動脈グラフトの採取方法と コンポジット・グラフトの作成

1. 手術器具

著者が使用している道具は、Luxtec 社ヘッドランプと Design for Vision 社の視野が拡大された 3.5 倍の拡大鏡である。ITA 剥離用リトラクターとしては、Delacroix タイプが着脱が容易で好んで使用している。冠動脈側の縫合には Jacobson タイプのマイクロ持針器で 7-0 プロリン BV-175-7 の 60cm を使用している。チタン性ラウンド・ハンドルでラチェットがあり、全長 18cm から

25cm を吻合部位により使い分けている。鉗子はチタン性のリング鉗子を使用し、内膜の損傷を最小にしている。冠動脈の切開には心外膜の剥離に Beaver メスの No.6900 を用いている。コンポジット・グラフト作成のために、ITA を切開する場合は Beaver メスの No.6500 を用いているが、冠動脈を切開する場合は後壁を傷つけないように鎌状に刃のついたメス（フタバ No.73）を使用している。冠動脈の切開には、バネのついたマイクロ剪刀で 30° と 90° の二種類を用いている。グラフトのトリミングには、通常の Potts 剪刀も使用している。ポリプロピレン糸の把持とグラフト遮断には大小 2 種類のブルドック鉗子を使用している。術野の無血化を図るために炭酸ガスと生理食

塩水を吹き付けるビスフロー（リサーチ・メディカル）を使用している。

2. 動脈グラフトの採取

ITAの採取方法は、心機能や血行動態が不良な場合には、心膜を開けてから行う。方法はMayumi³⁾らに準じて、疎になった心膜、胸膜の移行部結合織を剣状突起下端より、トンネル状に胸膜と剥離する。胸膜と離れたこれらの結合織を電気メスにて切離していく。脂肪層を示指で胸膜を破らないように剥離する。脂肪内の血管が残るのでこれを電気メスで凝固切離する。同様の操作を繰り返して、LITAの全行程を見えるようにし、semi-skeletonizedとなるようにLITAを剥離する。末梢は、LITAが上腹壁動脈、筋横隔動脈に分枝するまで進める。したがって、剣状突起まで進めれば十分である。

中枢側は、LITVがLITAと離れる部分でクリップで止めて切離し、ここまでのLITA分枝をすべて処理する。外側肋骨動脈の分枝を処理しようとすれば、電気メスで、開胸したり、横隔神経を焼灼したりするうえ、脂肪組織よりの出血が多くなる。超音波メスで、ITAを脂肪層から剥離すると、出血なく中枢側のharvestingは完了できる。末梢側のITAも超音波メスで剥離すると容易である。ITAが骨膜に強固に張り付いていることもあり、通常のメスあるいはハサミで骨膜を含めて剥離する。この場合に、超音波メスで剥離して、出血させると狭窄なく修復することは困難である。ITAを強く牽引して採取すると、枝が引き抜けてITA自体の解離を起こすことがあるので注

意が必要である。

LITA剥離のコツは、電気メスの出力を小さくし、剥離は肋間から始めて、第3から第5肋間の胸骨外側すぐのところを電気メスであけて、筋膜を鑷子で把持し、肋骨下の筋膜を電気メスの刃で剥離する。内胸筋膜を下方に引いて焦がさないように切離することが肝要である。電気メスの刃をネラトン管で先端約5mmまで覆って目的の部位以外を焼灼しないようにし、剥離したりペディクルを押し下げる。ITAに併走する静脈を含めて左右に剥離を進める。剥離したLITAは、20倍希釈の塩酸パパペリン溶液を浸したガーゼで包んでおく。LITA自体に、塩酸パパペリン溶液を注入しなければならないことは、極めてまれである。長さが足りない場合には、筋膜を超音波メスで除くと2cm程度長くすることができる。

RAの採取は超音波メスを用いて、RAと併走する静脈を含めて採取する⁴⁾。上腕を90°外転させ手台に乗せ、前腕をやや回外させ、手をやや手背側にして固定する。手関節部より2cm上で皮膚切開を開始し、肘関節下の上腕動脈の拍動する上までほぼ真っ直ぐな切開をおく。手掌の手関節部より、上腕橈骨筋と橈骨手根屈筋の間を走行するRAの直上を超音波メスのフック型ブレードを用いて剥離を進める。外側前腕皮神経を同定し、これを橈側によける。RAの全走行を明らかにして表面を剥離する。末梢側でRAを伴走する静脈とともにテーピングしてもよいが、強く牽引するとスパズムを起こす。すべての動静脈の枝は、その大きさに応じてフックまたはその背の部分で凝

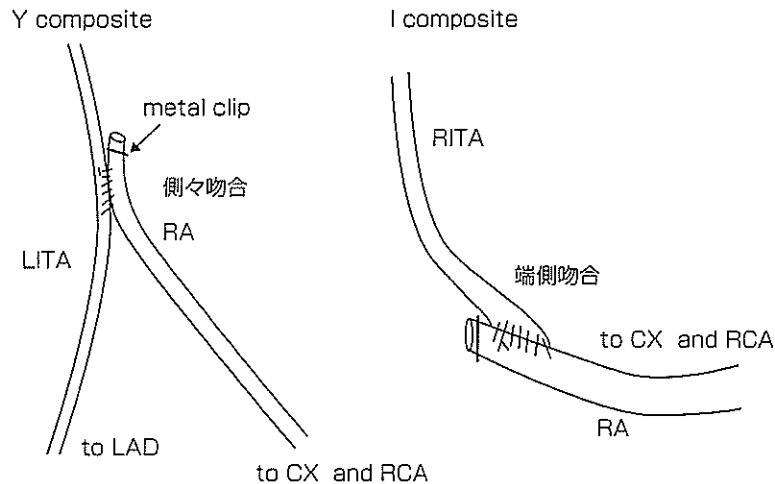
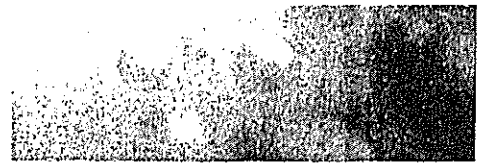


図4 コンポジット・グラフトの作成の方法

Y compositeでは、RAの側々吻合により屈曲を防ぎ、I compositeでは、RITAをRAに端側吻合を行うことにより狭窄を防ぐ工夫を行っている

固・切開を行う。RAの裏側の枝を同様に処理し、中枢側の剥離は橈側反回動脈の分枝まで行う。クリップの使用は3カ所以下である。RAは、使用する直前まで塩酸パパベリンをひたしたガーゼで覆っておく。中枢側を結紮切離して、血液の末梢側からの逆流を確認して、ソフトなブルドック鉗子で遮断して、末梢側は金属クリップをかけて切離する。採取したRAは塩酸パパベリンを通すが、圧をかけて拡張したりはしない。使用直前まで塩酸パパベリン溶液を浸み込ませたガーゼで覆っておき、コンポジットを作成する際に切離する。

3. コンポジット・グラフトの作成

Yコンポジット作成法として、以前はRAをITAに端側で吻合していた。しかしながら、ITAとRAの壁の厚さが大きく異なるため、RAが心臓に引っ張られると吻合部が屈曲して狭窄を起こすことが危惧されるため、RAを金属クリップで

断端を閉鎖した後、5～6mmの側孔を開けて、側々でITAと吻合している（図4）。LITAに吻合する場合には、RAが最も長く使えるような部位（LITAとLADが吻合された後、RAとLITAの吻合部が肺動脈の前にくる）でLITAを切開する。具体的には、1.5mmのパーソンネットプローブをITAに挿入し、後壁を切らないように注意してITAをあけ、7-0プロリンBV-175-7の連続で側々吻合を行う。吻合後は、ブルドック鉗子を外して、巾着効果で狭窄にならないように、吻合部が十分膨らんでから、糸を結紮する。

I compositeはRAでITAを延長する方法であり、以前は端々吻合を行っていたが、口径と壁厚の差が大きいため、吻合部狭窄が危惧される。Y compositeと同様に、RAの断端を閉鎖して、ITAをRAに端側に吻合する（図4）。

K compositeは、対角枝がLADに近く、平行に

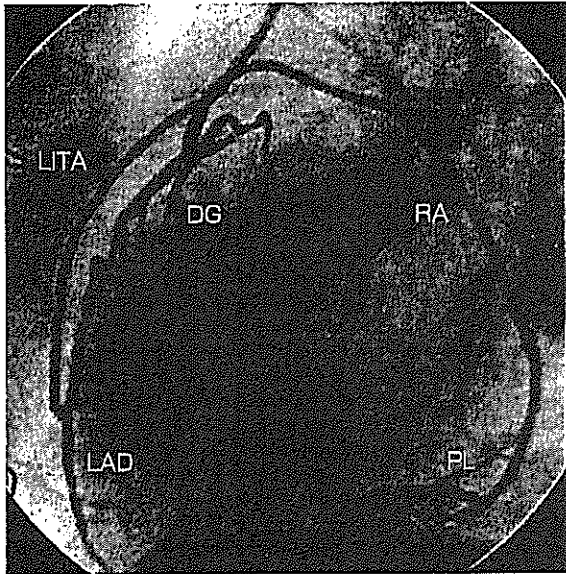


図5 K composite graftの術後造影

左内胸動脈 (LITA) に橈骨動脈 (RA) を側々吻合したK composite graftである。対角枝 (DG) が前下行枝 (LAD) に近く、平行に走る場合の工夫。compositeとしたRAの一方をRAに端側に、RAの反体側をPLに端側吻合している。これで、RAのDG吻合部での屈曲を防ぎ、長さも節約できる

走行している場合に、YコンポジットではRAが屈曲したり、長さが足りなくなったりする場合に用いる方法で、RAを側々でLITAに吻合し、RAの一侧を対角枝に、反体側を回旋枝、右冠動脈の枝に吻合する方法である (図5)。

ポジショニングと吻合のテクニック

1. 視野展開

通常のCABGとまったく同様に心膜を開ける。横隔膜に沿って心膜は心尖に向けて切開し、この部でわざと胸膜を開けることで、肺が虚脱しLima sutureで肺が損傷することを防ぐと同時に、

左側心膜のつり上げ絹糸で心臓を脱転させやすくする。右側は、横隔膜面の心膜を下大静脈に向けて切開する。胸膜を十分剥離することで、開胸することなく心臓は脱転できる。左側心膜のつり上げ絹糸を3本かけてから、左肺静脈と下大静脈の間の心膜に1本のLima sutureをかける。これで、心尖吸引式のハート・ポジショナーだけで十分視野展開が可能となる。LADと対角枝の吻合が終了した時点でハート・ポジショナーをつけて、トレンデレンブルグ体位を取って心臓を脱転する。

2. ITA-LAD 吻合

LITAを十分な太さと長さのところまで切開して先端を2枚ガーゼに固定する。LITAに1.5mmのパーソネットプローブを挿入して、内腔を拡大させて、糸かけを容易にさせる。LITAの長さは、ヘパリンが投与され切離した段階で決定しておく。内胸筋膜を切開し、LITAを外膜まで剥離する。断端から、LITAをマイクロ・ポッツ剪刀で吻合部位まで切開していく。この際に切開が中央になるよう、また解離を起こさぬように十分気を付ける。LAD中樞にRetract-O-tapeをかけて、石灰化がなく、比較的表面に出て脂肪に覆われていない、#8の中樞でLADを開ける。吻合長は5~7mmとする。テープを引いて出血をコントロールしながら、内シャント (アナスタフロー、クリアビュー等) を挿入する。まずLITAの8時の部分に内から外に7-0プロリン糸を通してブルドック鉗子で把持する。LADの踵10時の部分より、内から外へ糸をかける。以後、LITAは外内に、LADは内外に時計回りで回る。各4針かけたと

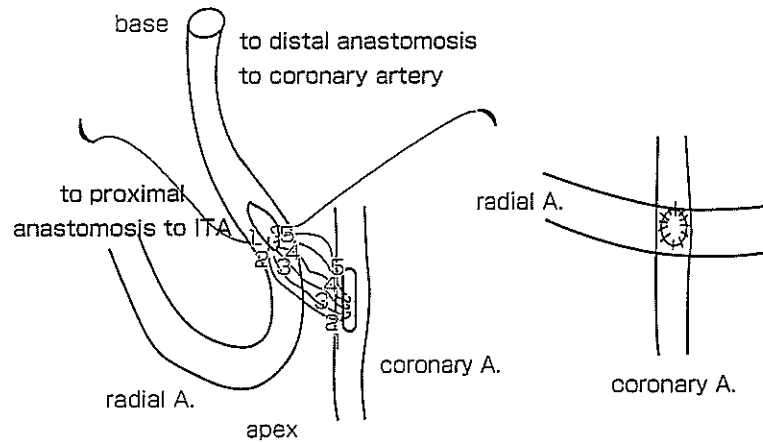
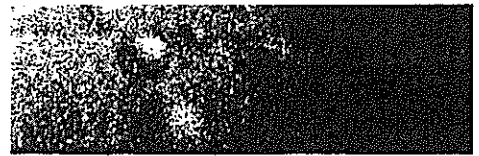


図6 RAによるダイヤモンド側々吻合

8時のRAの内から外に糸をかけて、ブルドック鉗子で把持する。反対側の針で冠動脈の末梢側の7時のところに糸をかけて、RAは反時計回りに、冠動脈は時計回りに回る

ここで、生食水をかけながらパーソネットプローブを入れたままLITAをおろす。これ以上パラシュート吻合をすると、おろす際にLITAがカッティングを起こす恐れがある。さらに数針パーソネットプローブを入れたまま糸をかけ、LADのつま先まで進むと、余剰のLITAを切除して、つま先を少し細かく回り、残りの約半周を縫合する。最後に結紮する前に、内シャントを抜いてLITAのブルドック鉗子による遮断を開けて、空気抜きを行った後、結紮する。この段階で、針穴よりの出血は無視し、漏れがあっても、巾着効果による狭窄の可能性があるので、強く縛らず、追加針をかけて止血する。

3. RAのダイヤモンド側々吻合

Sequential吻合の際には、冠動脈とRAに直交する吻合は、ダイヤモンド吻合を行う(図6)。冠動脈の切開は4~5mm程度にする。まず8時

のRAの内から外に糸をかけて、ブルドック鉗子で把持する。反対側の針で冠動脈の末梢側の7時のところに糸をかけて、RAは反時計回りに、冠動脈は時計回りに回る。冠動脈の中樞heelまで来るとRAをおろす。冠動脈を内外に糸をかけて、toeを越えたところで、内シャントを抜いて、RAのブルドック鉗子による遮断を開けて、血流を再開して空気抜きを行った後、結紮する。

トラブルシューティングと練習法

1. 出血

遮断を解除して、糸を結紮した際に出血する場合がある。強く結紮すると、巾着効果により狭窄を作る可能性がある。強く縛らず、追加針をかけて止血するべきである。LITAやRAの外膜と心外膜をマットレス縫合し密着させることで止血が可能となる。

2. 内シャントの縫い込み

内シャントを縫い込んだ場合は、引っかかっている部分の前後の糸2本を持って引っ張るとシャントが裂けて外れる。それでも、シャントが切れない場合は、シャントをビバーメスで少しずつ切って引っ張ると外れる (EVS 2)。

3. 吻合が困難な場合

手技の途中で心臓の位置を変えることはできない。冠動脈を切開する前に、スタビライザーとハート・ポジショナーで十分血行動態が保たれて手術しやすい位置を決定しておくことが重要である。

4. Flowが悪い場合

われわれは、トランジットタイム血流計で吻合の質を確認している。流量が少なくとも、拡張期に流量があれば心配する必要はない。Sequential吻合の途中であれば、末梢側のRAからパーソネット・プローベを挿入してみるのも1つの方法である。

5. 吻合の練習法

吻合の練習で最も実践的であるのは、ラットを用いた異所性心移植 (Ono-Lindsey 法⁵⁾) である。



EVS 2 Internal shunt

上行大動脈と腹部大動脈の吻合は比較的容易であるが、肺動脈と下大静脈の吻合は巾着効果で狭窄になりやすい。

参考文献

- 1) Kobayashi, J. et al. Multiple off-Pump coronary revascularization with "aorta no-touch" technique using composite and sequential methods. Heart Surgery Forum. 5, 2002, 114-8.
- 2) Kobayashi, J. et al. Total arterial off-pump coronary revascularization with only ITA and composite radial artery grafts. Heart Surgery Forum. 6, 2003, 30-7.
- 3) Mayumi, Y. et al. How to prevent pleural opening in harvesting the internal mammary artery. Ann Thorac Surg. 56, 1993, 395-6.
- 4) 小林順二郎. 橈骨動脈グラフト採取法. 胸部外科. 54, 2001, 741.
- 5) Ono, K. et al. Improved technique of heart transplantation in rats. J Thorac Cardiovasc Surg. 57, 1969, 225-9.

Off-pump CABGとOn-pump CABGの 無作為比較試験

小林順二郎

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ってきたが、患者の重症化や高齢化により、脳梗塞・縦隔炎などの術後合併症をきたす危険性の高い患者が増加している。これらの症例に対して、人工心肺を使用しない心拍動下冠動脈バイパス術(Off-Pump Coronary Artery Bypass Grafting: OPCAB)が本邦でも広く行われ、60%を超えるに至っている。ところで、人工心肺のリスクの低い患者においてOPCABは妥当であろうか。我々はOPCABの有用性を明らかにするために、2001年4月より当施設が中心となり、金沢大学、日本医科大学、京都府立医科大学、福岡大学の5施設が共同して、OPCABと従来の人工心肺を用いた冠動脈バイパス術(CAB)の前向き無作為比較試験JOCRI (Japanese Off-Pump

Coronary Revascularization Investigation)-studyを行った。本邦の心臓外科領域ではこのような手術手技による無作為比較試験は初めての試みであり、その概要を報告するとともにこれまでなされた欧米での無作為比較試験を概説する。

I. 無作為比較試験の背景と成績

虚血性心疾患に対する侵襲的治療法として、薬剤溶出ステント(Drug Eluting Stent: DES)の導入により、PCI(Percutaneous Coronary Intervention)がさらに増加し、本邦の単独CABG症例は減少傾向にある。しかしながら、欧米においてPCIとCABGを比較した無作為比較試験では、死亡率に差はないが、心事故発生率についてはPCIの成績は不良であり、医療費に関しても短期的にはCABGが高いが、PCIを繰り返して入院すると逆にPCIの費用が高くなる結果であり、DES全盛時代においてもCABGは重要な役割を持つと考えられる。従来の人工心肺を用いたCABGは、高い医療費が必要であり、長い入院期間を要するのに対して、人工心肺を使用しないOPCABは、低侵襲で、早期に退院、社会復帰が可能で医療費も安いと考えられてきた。

本邦におけるOPCABの頻度は、胸部外科学会年次統計によると、2001年で35%、2002年で46%、2003年で55%、2004年で60%となっている(図1)。ここ2年間では、

— Key word —

冠動脈バイパス術
人工心肺
低侵襲手術
前向き無作為比較試験

A Randomized Comparison of Off-Pump and On-Pump Coronary Artery Bypass Grafting

Junjiro Kobayashi :

Department of Cardiovascular Surgery,

National Cardiovascular Center

国立循環器病センター 心臓血管外科

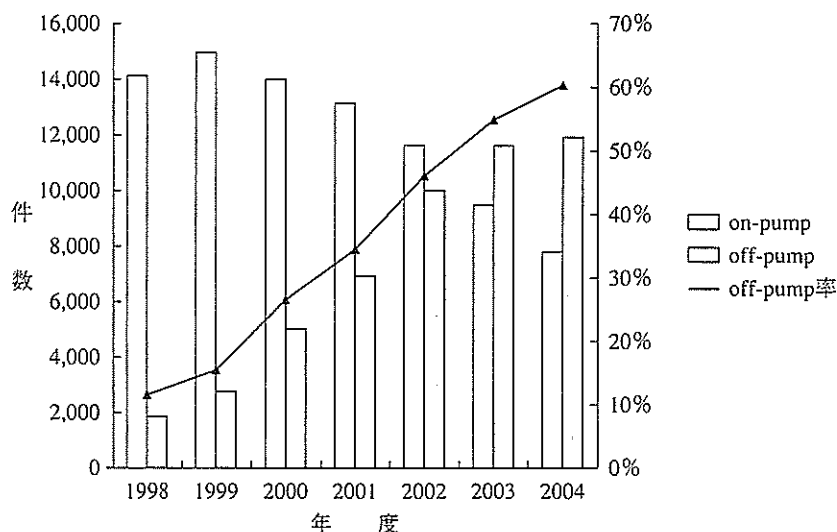


図1. 本邦における冠動脈バイパス術件数の年次推移
本邦におけるOPCABの頻度は、2001年で35%、2002年で46%、2003年で55%、2004年で60%と漸増している。

CABGが半数以上OPCABでなされていることから、本邦においては、OPCABが標準術式となったと考えられる。これに対して、米国におけるOPCABの頻度は、未だ20%程度であり、一部の心臓外科医が95%以上の症例でOPCABを行っていることから考えると、米国におけるCABGの標準術式は、依然として心停止下のCABGである。

後ろ向き観察研究では、OPCAB症例では、手術時間・挿管時間・退院までの期間の短縮、心機能障害・腎機能障害の軽減、出血量・輸血量の減少が報告されている¹²⁾。また、手術死亡率、周術期心筋梗塞も人工心肺によるCABGに比べて低かったとされている¹⁾。一方、問題点として、バイパス本数が、通常のカABG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る²⁾。中等度以上のリスクを有する症例においては、OPCABは

従来の人工心肺を用いたCCABに比して、手術時間・挿管時間・ICU滞在期間・退院までの期間が有意に短く、周術期心筋梗塞・出血量・輸血量・炎症反応・脳梗塞・高次脳機能障害が有意に少ないと報告されている¹³⁾。逆に問題点としては、OPCABでは、バイパス本数は、通常のカABGと比べて少なく、心拍動下のために吻合の質の低下を招き、グラフト狭窄あるいは閉塞による遠隔成績不良が危惧される。

以上のような成績はLevel BのEBMにとどまるために、Level AのEBMを得るために様々な無作為比較試験が行われてきた⁵⁻¹⁰⁾。これらによりOPCABは様々な術後合併症の減少、術後ICU滞在時間・病院滞在日数の減少、出血量・輸血量の減少に有利に働くことが明らかになってきたが、グラフト開存率や遠隔成績に関しては定まった結論には至っていない。Chengら¹⁴⁾は、37の無作為比較試験のmeta-analysisを行い(表1)、30日以内の手

表 1. 無作為比較試験の meta-analysis における患者背景

背 景	報告数	OPCAB	CCAB
年 齢(歳)	36	62.6	62.5
女 性(%)	32	23	22
高血圧(%)	18	55	54
非喫煙者(%)	14	68	68
糖尿病(%)	20	24	27
左室駆出率(%)	9	59	60
手術時間(分)	17	201	205
バイパス本数±SD	22	2.6±0.6	2.8±0.7

OPCAB : off-pump coronary artery bypass
 CCAB : conventional coronary artery bypass
 SD : standard deviation

術死亡率, 周術期心筋梗塞, 脳梗塞, 腎不全, IABP使用, 創感染, 再開胸止血術, 再intervention に関しては OPCAB と CCAB で差がなかったとしている。一方, OPCAB は心房細動の減少 (OR : 0.58), 輸血の減少 (OR : 0.43), 強心剤使用の減少 (OR : 0.48), 呼吸器感染の減少 (OR : 0.41), 挿管時間短縮 (平均 - 3.4 時間), ICU 滞在日数の短縮 (平均 - 0.3 日), 病院滞在日数の減少 (平均 - 1.0 日) に貢献していた (表 2, 3)。しかしながら, グラフトの開存性と脳高次機能に関しては, 結論が得られていない。これまでの無作為比較試験のバイパスグラフト開存率を表 4 に示

表 2. 無作為比較試験の meta-analysis における臨床成績 (1)

結 果	患者数(研究数)	OPCAB (%)	CCAB (%)	Odds Ratio	(95 % CI)	p 値
手術死亡 (30 日以内)	3,082 (29)	1.2	1	1.02	0.58-1.80	0.9
遠隔死亡 (1~2 年)	1,135 (6)	2.3	2.6	0.88	0.41-1.88	0.8
心筋梗塞 (30 日以内)	2,721 (24)	2	2.8	0.77	0.48-1.26	0.2
脳梗塞 (30 日以内)	2,859 (21)	0.4	1	0.68	0.33-1.40	0.3
脳梗塞 (1~2 年)	864 (4)	1.1	2.3	0.5	0.17-1.50	0.2
心房細動 (30 日以内)	2,425 (17)	17.6	26.8	0.58	0.44-0.77	< 0.0001
輸血率	2,412 (17)	28.4	42.5	0.43	0.29-0.65	< 0.0001
腎不全 (30 日以内)	1,467 (19)	0.9	2.1	0.58	0.25-1.33	0.2
胸痛再発 (30 日以内)	765 (5)	6.5	7.6	0.85	0.49-1.49	0.6
再インターベンション (30 日以内)	978 (4)	0.8	0.6	1.18	0.28-5.06	0.8
再インターベンション (1~2 年)	1,120 (6)	2.9	1.6	1.61	0.71-3.65	0.3
呼吸器感染 (30 日以内)	896 (7)	4.6	9.9	0.41	0.23-0.74	< 0.0001
IABP 使用	1,262 (10)	1.1	1	1.07	0.39-2.89	0.9
強心剤使用	1,655 (16)	15.1	23.6	0.48	0.32-0.73	< 0.0001
縦隔炎・創感染	2,076 (15)	3	4.8	0.65	0.41-1.04	0.07
再開胸止血術	2,307 (15)	1.7	2.2	0.81	0.44-1.49	0.5
脳高次機能障害 (30 日以内)	335 (3)	40	50.6	0.57	0.21-1.54	0.3
脳高次機能障害 (2~6 カ月)	393 (3)	20.3	31.8	0.56	0.35-0.89	0.01
脳高次機能障害 (1~2 年)	334 (2)	27.2	30.9	0.91	0.57-1.46	0.7

表 3. 無作為比較試験の meta-analysis における臨床成績 (2)

結 果	患者数(研究数)	平均の差	(95 % CI)	p 値
入院期間(日)	1,384 (17)	-1.0	-1.5 to -0.5	< 0.0001
ICU 滞在期間(日)	1,266 (15)	-0.3	-0.6 to -0.1	0.003
挿管期間(時間)	1,425 (20)	-3.4	-5.1 to -1.7	< 0.0001

した^{7,8,12)}。

そこで我々は動脈グラフトを主として使用したOPCABにおいて、バイパスグラフトの本数と開存率がCCABに劣らず、遠隔成績も良好であることを明らかにする必要があると考えて、この前向き無作為比較試験JOCRI-studyを行った¹³⁾。

II. JOCRI-studyのデザイン

単独CABGを受ける70歳未満の患者をOPCABとCCABの2群に割り付ける。除外基準は、多くの観察研究で人工心肺使用に関する不利益が示されている患者である。

症例登録および患者の割り付けに関しては、病院医療情報ネットワーク(UMIN)を利用してインターネット医学研究データセンターで行うことで中央化した。また割り付けの際には患者の性別、年齢、病変枝数(二枝病変、三枝病変、左主幹部病変)、手術施行施設をパラメーターとして2群間で割り付けに不均衡が生じないようにした。

主要評価項目(Primary end-point)は、手術後3年間の心事故または突然死であり、心事故の定義は、急性心筋梗塞・狭心症・心不全による入院で、突然死は、急性発症で24時間以内の原因不明の内因死とした。

副次評価項目(Secondary end-point)は、周術期成績で、手術時間・麻酔時間・バイパス本数・挿管時間・ICU滞在期間・出血量・輸血量・術後入院期間・入院医療費・術後合併症・生化学的検査および術後冠状動脈・バイ

パス造影と脳高次機能である。

過去の研究から人工心肺を使用したCABGの3年間の心事故回避率は約95%であり、これより10%低下しなかった場合に、心事故発生率などに差がない「非劣性」であったとする仮説を証明する形で行った。必要症例数は α error = 0.05, β error = 0.20として、各群は142例が必要となる。脱落症例を考慮して、OPCABグループ150例、人工心肺使用グループ150例と設定した。エントリー期間は、2002年7月1日～2005年6月30日、フォローアップ期間は2002年7月1日～2008年6月30日までとした。本研究は、当センターのIRBと倫理委員会の承諾を得た。

III. JOCRI-studyのデータベースと統計処理

手術に関するデータベースとして、手術時間、麻酔時間、バイパス本数、バイパスをおいた冠動脈の枝の大きさ・狭窄度、グラフト材料、吻合方法、縫合糸材料、挿管時間、ICU滞在期間、術後12時間のドレーン排液量、輸血量、術後入院期間、術後合併症(心房細動・周術期心筋梗塞・感染症の発生等)・入院医療費を記載した。

生化学的検査として術後ICU入室時に脳障害の指標であるS-100蛋白、およびneuron-specific enolase(NSE)を測定する。また、周術期心筋梗塞の指標としてCPK-MBを術後経時的に測定した。さらに一般血液検査、肝機能・腎機能等の一般生化学的検査を行っ

表4. 無作為比較試験のグラフト開存率

報告者	検査時期	患者数	OPCAB	CCAB	開存率の差(95% CI)	p値
Nathoe ⁷⁾	12mo	70	63/69 (91%)	83/89 (93%)	-2.0% (-10.0 to 6.5%)	0.76
Khan ⁸⁾	3mo	83	114/130 (88%)	127/130 (98%)	-10% (-3.8 to -16.2%)	0.002
Puskas ¹²⁾	in hospital	197	311/314 (99%)	300/307 (98%)	1.3% (-0.66 to 3.31%)	0.19
	12mo		234/250 (94%)	249/260 (96%)	-2.2% (-6.1 to 1.7%)	0.27
Kobayashi ¹³⁾	in hospital	167	274/280 (98%)	299/305 (98%)	-0.1% (-3.5 to 3.1%)	>0.99

た。

術後冠状動脈・バイパス造影は術後3週間以内に心臓カテーテル検査を行い、冠状動脈およびバイパス造影を施行し、バイパスの開存率などの評価を行った。

脳高次機能評価としては、術後2週間、6カ月における脳高次機能検査(ペントン視覚記銘検査)を術前に施行した結果と比較することにより、脳高次機能に関する影響を評価した。

術後フォローアップは、外来、郵便、電話にて定期的に調査を行った。狭心痛(CCS分

類)・心筋梗塞の有無、死亡とその原因の確認、PTCA・再手術の有無、脳血管病変イベント、QOL(Quality of Life)などを調査した。術後3年の間に遠隔期の冠状動脈・バイパス造影(三次元マルチスライスCTを含む)、負荷心筋シンチ、トレッドミル負荷心電図を行いグラフト開存性、心筋虚血の有無、運動耐容能などを検査した。

IV. JOCRI-studyの早期成績

2005年6月30日までにOPCAB群100例およびCCAB群100例の計200例をエントリー

表5. RCTによる人工心肺の有無の比較(1)

手術成績	非使用群 (n=81)	使用群 (n=86)	p値
手術時間	267 ± 60分	307 ± 59分	0.0001
バイパス本数	3.5 ± 1.0本	3.6 ± 0.9本	NS
吻合グラフト	280	305	
左内胸動脈	95 (34%)	96 (31%)	
右内胸動脈	30 (11%)	48 (16%)	
橈骨動脈	116 (41%)	129 (42%)	
胃大網動脈	20 (8%)	20 (8%)	
動脈グラフト	263 (94%)	296 (97%)	NS
静脈グラフト	17 (6%)	23 (3%)	NS
術中無輸血	73 (90%)	65 (74%)	0.0092
術中輸血量	4.0 ± 1.2単位	6.1 ± 3.5単位	NS

表6. RCTによる人工心肺の有無の比較(2)

術後成績	非使用群	使用群	p値
ICU滞在期間	32 ± 23時間	38 ± 49時間	NS
挿管時間	9.3 ± 30.7時間	8.1 ± 15.9時間	NS
術後出血量	503 ± 303mL	560 ± 500mL	NS
術後輸血量	5.2 ± 3.5単位	4.5 ± 1.9単位	NS
S-100蛋白	0.20 ± 0.11ng/mL	0.34 ± 0.22ng/mL	0.002
NSE	10.4 ± 9.0ng/mL	16.9 ± 6.9ng/mL	0.0001
血小板値	8.0 ± 6.4 × 10 ⁹ /μL	5.9 ± 5.7 × 10 ⁹ /μL	0.029
最高CK-MB	17.1 ± 16.7U/L	21.5 ± 10.6U/L	0.046
AF頻度	22%	23%	NS
グラフト開存率	98%	98%	NS
入院医療費	279 ± 48万円	362 ± 59万円	0.0001
手術死亡率	0%	0%	NS

NSE : neuron-specific enolase, AF : atrial fibrillation

できた。中間解析として、OPCAB群81例、人工心肺使用群86例の早期成績を比較検討した(表5, 6)。術前の患者背景などに差は認められず、動脈グラフトの使用率はOPCAB群で94%, CCAB群で97%といずれも90%を超えており、従来の無作為比較試験に比べて高い使用率であった。両群ともに、手術死亡はなかった。OPCAB群, 人工心肺使用群で、手術時間, 最高CK-MB値, 術後Neuron-Specific Enolase値, S-100蛋白値, 無輸血率, 入院医療費(保険請求額)で両群間に有意差を認め、OPCAB群で有意に良好な結果であった。OPCAB群, 人工心肺使用群のそれぞれで、バイパス本数, 開存率に有意差を認めなかった。しかしながら、グラフト開存率は同じであったが、OPCAB群において、狭窄のない開存率では、橈骨動脈グラフトと右冠動脈への吻合において劣ることが示された(表7)。

OPCAB群において、手術時間・輸血率の短縮が得られ、心筋障害・脳障害が少なくなることが明らかとなり、人工心肺を使用しないことによる脳、心臓に対する低侵襲性が証明された。

最後に

国立循環器病センターでは2000年から積極的にOPCABを行ってきたが^{14,15)}, 人工心肺使用の有無による無作為比較試験においてもその有用性が明らかとなってきている。今後、長期遠隔成績に関する無作為比較試験の結果によって、OPCABが広く標準術式となる可能性があると考えられた。

稿を終えるにあたり、JOCRI-studyにご協力をいただいた福岡大学の田代忠教授, 日本医科大学の落雅美教授, 京都府立医科大学の夜久均教授, 金沢大学の渡邊剛教授に深謝いたします。

§ 文 献

- 1) Cartier R, Brann S, Dagenais F, et al : Systematic off-pump coronary artery revascularization in multivessel disease: experience of three hundred cases. J Thorac Cardiovasc Surg 2000;119:221-229.
- 2) Arom FV, Flavin TF, Emery RW, et al : Safety and efficacy of off-pump coronary artery bypass grafting. Ann Thorac Surg 2000;69:704-710.
- 3) Cleveland JC, Shroyer AL, Chen AY, et al : Off-pump coronary artery bypass grafting decreases risk-

表7. 狭窄のないグラフト早期開存率

材料・部位	非使用群 (n=81)	使用群 (n=86)	p 値
グラフト材料			
内胸動脈	116/125 (93%)	135/144 (94%)	0.81
橈骨動脈	110/116 (95%)	128/129 (99%)	0.055
内 composite	56/59 (95%)	69/72 (96%)	> 0.99
胃大網動脈	19/22 (86%)	22/23 (96%)	0.34
大伏在静脈	16/17 (94%)	9/9 (100%)	0.99
バイパス部位			
前下行枝	118/125 (94%)	124/129 (96%)	> 0.99
回旋枝	83/88 (94%)	98/103 (95%)	> 0.99
右冠動脈	60/67 (90%)	72/73 (99%)	0.028
内胃網動脈	18/21 (86%)	19/19 (100%)	0.23
全 体	261/280 (93%)	294/305 (96%)	0.093

- adjusted mortality and morbidity. *Ann Thorac Surg* 2001;72:1282-1288.
- 4) Plomondon ME, Cleveland JC Jr, Ludwig ST, et al : Off-pump coronary artery bypass is associated with improved risk adjusted outcomes. *Ann Thorac Surg* 2001;72:114-119.
- 5) van Dijk D, Nierich AP, Jansen EW, et al : Early outcome after off-pump versus on-pump coronary artery bypass surgery. Results from a randomized study. *Circulation* 2001;104:1761-1766.
- 6) Angelini GD, Taylor FC, Reeves BC, et al : Early and midterm outcome after off-pump and on-pump surgery in beating heart against Cardioplegic Arrest Studies (BHACAS 1 and 2): a pooled analysis of two randomized controlled trials. *Lancet* 2002;359:1194-1199.
- 7) Nathoe HM, van Dijk D, Jansen EW, et al : A comparison of off-pump and on-pump coronary bypass surgery in low-risk patients. *NEJM* 2003;348:394-402.
- 8) Khan NE, De Souza A, Mister R, et al : A randomized comparison of off-pump and on-pump multi-vessel coronary-artery bypass surgery. *NEJM* 2004;350:21-28.
- 9) Puskas JD, Williams WH, Duke PG, et al : Off-pump coronary artery bypass grafting provides complete revascularization with reduced myocardial injury, transfusion requirements, and length of stay: A prospective randomized comparison of 200 unselected patients undergoing off-pump versus conventional coronary artery bypass grafting. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2003;125:797-808.
- 10) Légaré JF, Buth KJ, King S, et al : Coronary bypass surgery performed off pump does not result in lower in-hospital morbidity than coronary artery bypass grafting performed on pump. *Circulation* 2004;109:887-92.
- 11) Chen DC, Bainbridge D, Martin JE, et al : Does off-pump coronary artery bypass reduce mortality, morbidity, and resource utilization when compared with conventional coronary artery bypass? A meta-analysis of randomized trials. *Anesthesiology* 2005;102:188-203.
- 12) Puskas JD, Williams WH, Mahoney EM, et al : Off-pump vs conventional coronary artery bypass grafting: Early and 1-year graft patency, cost, and quality-of-life outcomes: A randomized trial. *JAMA* 2004;291:1841-1849.
- 13) Kobayashi J, Tashiro T, Ochi M, et al : Early outcome of a randomized comparison of off-pump and on-pump multiple arterial coronary revascularization. *Circulation* 2005;112(suppl 1):I-338-343.
- 14) Kobayashi J, Sasako Y, Bando K, et al : Multiple off-pump coronary revascularization with "aorta no-touch" technique using composite and sequential methods. *Heart Surgery Forum* 2002;5:114-118.
- 15) Kobayashi J, Tagusari O, Bando K, et al : Total arterial off-pump coronary revascularization with only ITA and composite radial artery grafts. *Heart Surgery Forum* 2003;6(1): 30-37.