Endoscopic off-pump coronary artery bypass

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2018-06-18 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24517/00051078

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 International License.



I. 心臓血管領域

3. 内視鏡下のOPCAB

富田重之　渡邊　剛*

I. 基本的な考え方

内視鏡による外科手術の進歩は，内視鏡技術や内視鏡用手術機器の発展に寄与するところが大きい．他の外科領域（とりわけ消化器外科領域）において，内視鏡技術はこの10年で腹腔鏡下胆嚢摘出術に始まり，飛躍的な進歩を遂げている．一方で，心臓外科領域では人工心肺の問題，縦隔という限られた空間に心臓が位置するなどの理由から内視鏡技術はきわめて遅れており，わずかに冠状動脈バイパス術（CABG），僧帽弁手術に限られているのが世界の現状である[1~5]．

われわれは1999年より，世界に先駆けて閉鎖胸腔内での完全内視鏡下心拍動下CABG（beating heart totally endoscopic CABG：BeTEC）の臨床応用に成功した[6]．しかし，本邦では冠状動脈治療において経皮的カテーテルインターベンション（PCI）が主流であり，左前下降枝（LAD）1枝病変に対する外科手術適応患者は非常に限られること，さらに直径3～4 mmの冠状動脈を吻合するには内視鏡の光学精度が低いことなどが原因で，内視鏡下CABGはなかなか臨床発展しなかった．

そこでわれわれは2004年よりOlympus社（東京都）製の新型3-D内視鏡システムを開発・導入し，さらに安全で正確な内視鏡下CABGを可能にしてきた．現在までの臨床経験から内視鏡下CABGの現状（グラフト採取法から吻合の実際まで）と問題点，さらにロボット支援システムを含めた内視鏡下CABGの将来展望について述べる．

II. グラフト採取法

現在世界で施行されている内視鏡下CABGにおける基本術式は，左内胸動脈（LITA）をLADに吻合するものであり，いわゆる左小切開CABG（minimally invasive direct CABG：MIDCAB）を内視鏡ポートのみの閉鎖胸腔内で行う術式ということができる．

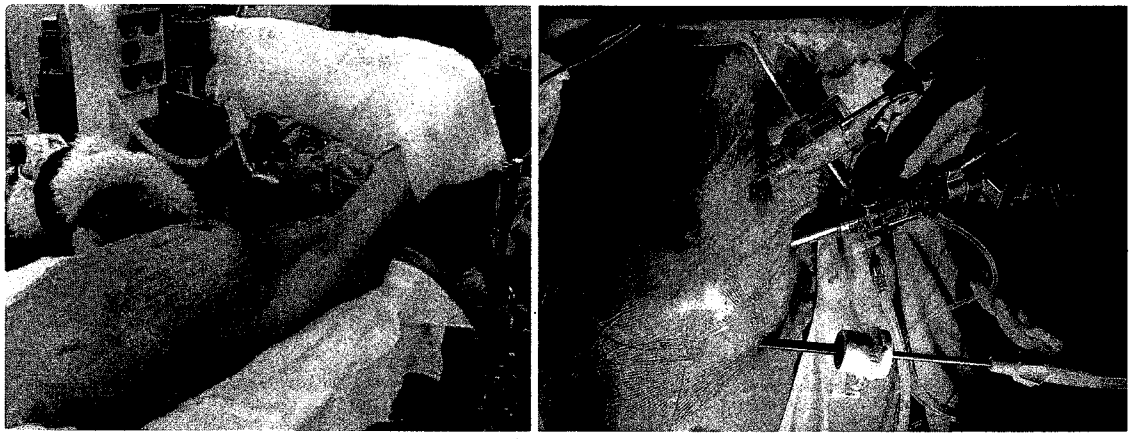
❶ 胸腔鏡下LITA採取法

1）麻酔および体位：麻酔は左肺を脱気するためにダブルルーメンチューブを挿入し，分離肺換気とする．体位は右半側臥位（約20°～30°）左上肢挙上，もしくは手術台下方へ垂れ下がるように固定し，右手鉗子操作を自由に行えるようにする必要がある（図1a）．また，患者の胸郭の形状により，LITAを剝離しやすいように手術台をローテーションすることもある．

2）ポート挿入：左肺脱気後ソラコポートを挿入するが，以前使用していた2-D内視鏡使用時は前腋窩線第3，5肋間に5 mmの作業鉗子用ソラコポートを，鎖骨中線やや外側の第5または6肋間に12 mmの胸腔鏡用ポートを挿入して行っていたが，新型3-D内視鏡からは第3，5もしく

キーワード：内視鏡下CABG，OPCAB，ロボット支援手術

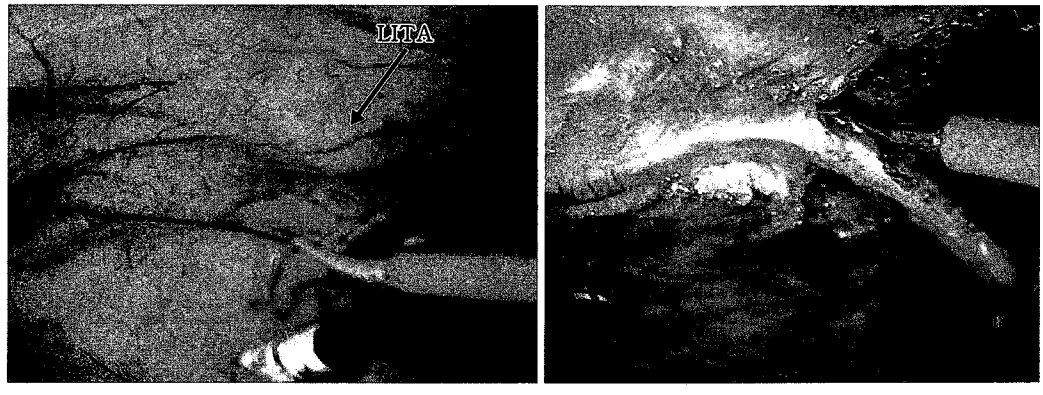
* S. Tomita（講師），G. Watanabe（教授）：金沢大学心肺・総合外科．



a. 手術体位．患者は右半側仰臥位（20°～30°）とする．

b. 内視鏡下 LITA 採取におけるポート配置．第 4 肋間に 12 mm 内視鏡ポート，第 3，6 肋間に 5 mm 鉗子ポートを挿入する．

図 **1.** 手術所見



a. 内視鏡による LITA 剝離

b. LITA 末梢側への剝離

図 **2.** 手術所見

は 6 肋間の前腋窩線に 2ヵ所の鉗子用ポートを，第 4 もしくは 5 肋間中腋窩線に胸腔鏡用ポートを挿入している（図 1 b）．いずれの場合でもマニュアル鉗子の操作性を十分活かせる鉗子および内視鏡の配置が必要となる．

3）LITA の剝離：電気メス，ハーモニックスカルペルいずれの場合でも，柄の長い胸腔鏡用のものを用いて剝離を行う．また，左肺虚脱に加え気胸装置（CO_2 insufflation）を活用し，人工的に胸腔内圧を陽圧（6～8 mmHg）にすることで LITA の剝離が容易となる．人工気胸の利点は，肺が十分に虚脱し心臓が背側に圧排されるため視野がよく，とくに心臓前面の第 3～5 肋間付近の LITA 剝離が容易になる．実際の LITA の剝離は第 2 肋間あたりから，LITA 正中側約 1 cm のラインで壁側胸膜を切開する（図 2 a）．中枢に向かい，第 1 肋間まで剝離したところで今度は末梢に向かう．第 3 肋間あたりまで脂肪もなくよい視野を保てる．第 4 肋間付近は心外膜脂肪が胸壁と癒合していることがあり，LITA を確認できないことがある．そのような場合は，外側から脂肪を削ぎ落とすようにして視野を確保し，中枢から剝離してきた LITA を確認しながら剝離をすすめる（図 2 b）．さらに末梢にいくと LITA は肋

間筋に埋まっているので，大きく静脈をつけて筋肉ごと胸壁から剝離する．

4) 分枝の処理：すべての分枝は電気メスあるいはハーモニックスカルペルで焼灼してかまわない．

❷ ロボット支援装置によるグラフト採取法——da Vinci Surgical System ロボット支援装置（Intuitive Surgical 社，サニーベール）に代表されるマスタースレイブシステムによる LITA 採取では，術者が内視鏡画像をモニターでみながらコントローラを操作し，患者側のポートより挿入されたロボットアームおよび鉗子を操縦して行う．基本的な麻酔方法，手術体位はスタンダードな内視鏡による LITA 剝離と同じであるが，ロボットアームの可動範囲を考慮し左上肢は手術台下方に下げるように固定する．

ロボット手術と古典的なマニュアル操作鉗子による内視鏡手術の最大の違いは，ロボット手術はアーム鉗子先端が自由に可動することにある．それゆえ基本的なポートの配置は一般的な胸腔鏡手術とかわらないが，現在われわれが行っている方法は，前腋窩線第 2 もしくは 3，6 肋間に鉗子用ポートを 2ヵ所，同一線上第 4 もしくは 5 肋間に内視鏡ポートを配置し行っている．

従来の内視鏡下 LITA 剝離同様，CO_2 insufflation を行い左肺を虚脱させて LITA 剝離を行う．電気メスにより LITA を semi-skeletonize にて剝離をすすめていくが，最初のポート配置，ロボット支援装置の機器のセッティングが完全であれば，鉗子先端が自由自在に可動することで比較的容易に第 1〜6 肋間で十分な長さの LITA 採取が可能となる．

III. 冠状動脈吻合の実際

❶ LAD の同定と固定——

グラフトを採取し終えたら，同じ鉗子および内視鏡ポートのままで心膜を切開し，LAD の走行を確認する．LAD を確認した後，胸壁から LAD 直上にマーキング針を胸腔内に挿入し，同部位（多くは第 4 もしくは 5 肋間鎖骨中線上になる）を皮膚切開し，吻合時の 10 mm 内視鏡ポートとする．さらにそのポートの左右同一肋間に吻合時鉗子および持針器用の 10 mm ポートを 2ヵ所おく（図 3）．LAD が十分に安定し固定できるよう切開した心膜は，数本の endo-suture により胸壁に吊り上げる．また，吻合部の固定は最初に LITA 剝離時に使用した第 6 肋間の 5 mm ポートの穴を少し拡大し，その穴から挿入できるように独自に開発した胸腔鏡用の flexible suction タイプのスタビライザーを挿入して行っている．すべてのポートと内視鏡，スタビライザーアームは手術台に固定した自由多枝の固定器に保持し，術野の安定化を図っている．

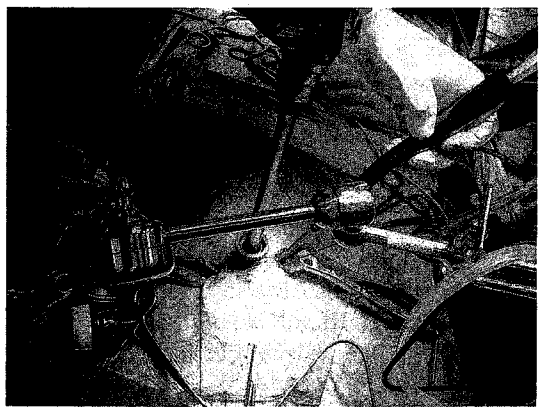


図 3. LITA-LAD 吻合．第 4 肋間に内視鏡ポート（中央），鉗子用ポート 2ヵ所を平行に配置する．

❷ 吻合の実際——

前述のごとくターゲットとなる LAD が固定され，吻合の準備が整った状態でまず LITA 断端のトリミングを行う．胸腔という限定されたスペースでの作業となるため，LITA は細い 5-0 ポリプロピレン糸で保持し，胸壁外にその断端を誘導しておくと吻合が楽となる．また，LITA の一時血流遮断は独自に作成したプラスチック性のディスポーザブル endo-occluder を使用している．

LAD を剝離し吻合部中枢側冠状動脈をシリコン製血管テープにて遮断した後，冠状動脈を切開し吻合に入る．ふだんの心拍動下 CABG（OPCAB）と同様に，8-0 モノフィラメント糸にて連続縫合を行う．内視鏡を使用し狭い胸腔内という空間での吻合となるため，無血静止術野の確保，

表 1. LITA-LAD 吻合の臨床成績

症例数	11
平均吻合時間(分)	24±17
合併症(例)	1(肋間動脈からの出血による再開胸)
開存率(%)	100
平均在院日数	13±5

糸のからみ，糸切れ，グラフトおよび冠状動脈の cutting のトラブルなくスムーズに吻合を終了することが重要である．とくに無血視野の確保には CO_2 ブロアが必須となるが，胸腔内でのブロア操作は非常に困難である．われわれは吻合中の冠状動脈末梢側からの冠血流の逆流を低減し，さらに冠状動脈遮断中の末梢心筋の虚血予防に能動的冠灌流システム（coronary active perfusion system：CAPS）を使用し行っている．これにより時間を気にすることなく冠状動脈吻合を正確に行うことが可能となる．

IV. 成　績

1999～2005 年に 26 例の内視鏡下 LITA 採取を行った．初期の 2-D 内視鏡使用時には LITA 採取に約 1 時間を要していたが，新型 3-D 内視鏡使用後は平均 36 分と有意に短縮した．また，LITA-LAD 吻合は現在まで 11 例に施行した（表 1）が，5 例は視野展開の不十分さ，内視鏡での LAD 同定ができなかったために MIDCAB に移行している．LITA-LAD の吻合時間は，初期は平均 34 分であったのに対し，3-D 内視鏡使用後は平均 17 分に短縮している．

V. 考　察

内視鏡下の CABG は，心臓という解剖学的位置の特異性や冠状動脈の吻合という手術の繊細さ，そして心臓手術においては人工心肺・心停止が必須であったことなどから，他の外科領域内視鏡手術に比べ非常に立ち遅れている術式である．1995 年に Benetti らが内視鏡補助下に LITA を採取する MIDCAB を最初に報告し，その後人工心肺を使用しない正中切開による OPCAB が盛んに施行されるようになり，ようやく CABG にも低侵襲化が望まれるようになってきた[7]．本邦でも OPCAB は広く施行されるようになり，とりわけ脳血管合併症患者や高齢者に非常に有用で低侵襲であるとされている．

さらに低侵襲を推進した小さな創で行う内視鏡下 OPCAB は，①狭いワーキングスペース，②心拍動下での操作，③冠状動脈径が細いなどの理由から，なかなか発展していない術式であるといえる．胸腔鏡による CABG は 1999 年ころよりロボット支援システムの導入とともに臨床応用され始めたが，心拍動下での吻合まで技術革新はすすんでおらず，人工心肺使用心停止下で行うのがやっとであった[1~3]．

冠状動脈吻合操作を胸腔内の心臓前壁という狭いスペースで行うために，現時点でわれわれは肋間に 3ヵ所の小切開をおいて，LAD を中心として左右から挟む形で吻合を施行している．マニュアルによる鉗子および持針器作業では自由度に制限があるため胸腔内吻合操作はきわめて困難となり，このようなポートの配置でないと正確な吻合はできない．また，グラフトの cutting を防ぐために短いポリプロピレン糸を使用し，からみを少なくすることも重要である．狭い空間内での吻合作業ではマニュアル操作に限界があり，将来的に回旋枝（Cx）領域への吻合を考えた場合，自由な可動性をもつロボット支援システムが優位となると考えられる．ロボットを使用した完全内視鏡下 CABG では，最初に LITA 採取で使用したポートをそのまま利用し，さらにスタビライザー用のポートを 1ヵ所追加するのみで吻合が可能となる[8,9]．

内視鏡下の OPCAB を施行するうえでもう一つ重要な点は，いかに吻合術野を固定し，無血視野を得るかにある．われわれは独自に作成した flexible suction タイプのスタビライザーを使用しているが，まだ術野固定には十分とはいいがたい．近年 LAD のみならず Cx への吻合もみすえたスタビライザーが開発され臨床応用され始めているが[10,11]，今後小切開ポートより挿入でき，自由に術野を固定できるスタビライザーの開発は必須である．また，吻合部の無血を得るための CO_2 ブロアに関しても，われわれの吻合では胸

壁の小孔よりマニュアル操作で行っているが，胸腔内という狭い空間での作業となるため，スタビライザーと一体となった器具の開発をしていかなければならないと考えている．

内視鏡光学システムの技術の進歩も，内視鏡下OPCABを施行するうえで重要な要因となってくる．われわれは，本術式の開始当初は従来の2-D内視鏡システムを使用していたが，やはり冠状動脈手術に使用するには解像度や明るさの問題，立体感覚がとりづらいなどの問題があり，LITAの採取や吻合においてかなりの時間が必要であった．2003年よりこの問題を改善するために新型3-D内視鏡システムをオリンパス社と共同開発した．このシステムは吊り下がり式の2枚の液晶ビューアを双眼で覗き込むだけで，非常に明るい3-D術野を非常に自然な形でみることができるのが特徴である．またもう一つの特徴は，液晶ビューアが上部から吊り下がった形となっているため，術者は坐った楽な姿勢で手術が可能であることである．本システムの使用により，技術習得のラーニングカーブがあるとはいえ，有意にLITAの採取および吻合時間は短縮した．また，2005年10月より導入したda Vinci Surgical Systemも同様に双眼式で3-D視野が得られ，術者は楽な姿勢で作業することができる．このように内視鏡下OPCABを安全に完遂するためには，ロボット技術・内視鏡技術の発展が大きな役割を担うと考えられる．

おわりに

現在さまざまな施設でロボット支援システムを使用した完全内視鏡下OPCABの取り組みがされてきているが，現状をみる限り本術式はまだ発展途上段階であることは否めない．PCIが盛んな本邦において，内視鏡下OPCABが安全で低侵襲な確立した術式として患者サイドからも認められていくよう技術・器具の開発をすすめると同時に，心臓外科医側もスタンダードOPCABの習得，内視鏡技術の習得に修練を重ねなければならない．そうすれば将来1泊2日での内視鏡下CABGも夢ではなくなると考えられる．

文　献

1) Mohr FW, Falk V, Diegeler A et al：Computer-enhanced coronary artery surgery. J Thorac Cardiovasc Surg **117**：1212-1213, 1999
2) Falk V, Diegeler A, Walther T et al：Total endoscopic computer enhanced coronary artery bypass grafting. Eur J Cardiothorac Surg **14**：38-45, 2000
3) Kappert U, Cichon R, Schneider J et al：Technique of closed chest coronary artery surgery on the beating heart. Eur J Cardiothorac Surg **20**：765-769, 2001
4) Diamiano RJ Jr, Ehrman WJ, Ducko CT et al：Initial United States clinical trial of robotically assisted endoscopic coronary artery bypass grafting. J Thorac Cardiovasc Surg **119**：77-82, 2000
5) Vanermen H, Farhat F, Wellens F et al：Minimally invasive video-assisted mitral valve surgery；from port-access towards a totally endoscopic procedure. J Card Surg **15**：51-60, 2000
6) Watanabe G, Takahashi M, Misaki T et al：Beating-heart endoscopic coronary artery surgery. Lancet **354**：2131-2132, 1999
7) Benetti FJ, Ballester C：Use of thoracoscopy and a minimal thoracotomy, in mammary-coronary bypass to left anterior descending artery, without extracorporeal circulation；experience in 2 cases. J Cardiovasc Surg **36**：159-161, 1995
8) Bolton JW, Connally JE：Results of a phase one study on robotically assisted myocardial revascularization on the beating heart. Ann Thorac Surg **78**：154-158, 2004
9) Bonatti J, Schachner T, Bernecker O et al：Robotic totally endoscopic coronary artery bypass；program development and learning curve issues. J Thorac Cardiovasc Surg **127**：504-505, 2004
10) Grunderman PF, Budde R, Beck HM et al：Endoscopic exposure and stabilization of posterior and inferior branches using the endo-Starfish cardiac positioner and the endo-Octopus stabilizer for closed-chest beating heart multivessel CABG；hemodynamic changes in the pig. Circulation **108** [Suppl 2]：34-38, 2003
11) Subramanian VA, Patel NU, Patel N et al：Robotic assisted multivessel minimally invasive direct coronary artery bypass with port-access stabilization and cardiac positioning；

paving the way for outpatient coronary surgery. Ann Thorac Surg **79**：1590-1596, 2005

SUMMARY

Endoscopic Off-pump Coronary Artery Bypass

Shigeyuki Tomita et al., Department of General and Cardiothoracic Surgery, Kanazawa University Graduate School of Medical Science, Kanazawa, Japan

Since 1999, we have performed total endoscopic off-pump coronary artery bypass (OPCAB). Innovation of endoscopic optic techniques and development of endoscopic forceps were necessary to perform this procedure. The operative methods of the endoscopic OPCAB；a 12 mm port for 3-D endoscope is firstly inserted through the 5th intercostal space (ICS) in the mid axillary line, and then the left internal thoracic artery (LITA) is taken down in semi-skeletonized fashion using other 2 instrumental 5 mm ports (the 3rd, 6th anterior axillary ICS). To anastomose LITA to the left anterior descending artery (LAD), other 2 10 mm and 12 mm ports are inserted through the 4th ICS in parallel. A conventional end-to-side anastomosis is manually performed with 8-0 prolene. The average LITA harvesting time and anastomotic time have been shortened significantly thanks to the endoscopic innovation. However, there are some limits to manual manipulations in the endoscopic OPCAB. Robotic surgery might have more advantages to the flexibility of forceps tips. The introduction of robotic surgery system is indispensable to safe and certain endoscopic OPCAB.

KEY WORDS：endoscopic CABG/OPCAB/robotic surgery

*　　*　　*



心不全と不整脈　慢性心不全の生命予後改善のために

●編集　笠貫　宏（東京女子医科大学教授）
松崎益徳（山口大学教授）

心不全に重症不整脈が合併し，これが突然死の重要な原因となる．心不全の病態を把握し，不整脈とのかかわりを理解して効果的な治療を行わなければならない．本書では，基礎知識から治療戦略まで慢性心不全の生命予後改善という観点から，この問題について詳しく解説する．コラムとして実際の症例を多数呈示し，治療方針を具体的に示した．

■B5判・286頁　2005.4.
定価8,400円（本体8,000円＋税5%）
ISBN4-524-23909-X

nkd 南江堂

〒113-8410 東京都文京区本郷三丁目42-6
(営業) TEL 03-3811-7239　FAX 03-3811-7230
《http://www.nankodo.co.jp》　0505t