

## ロボット支援下両側内胸動脈剥離術

石川 紀彦<sup>1</sup>, 渡邊 剛<sup>2</sup>, 富田 重之<sup>2</sup>

2005年12月からの1年間に経験した4例のロボット支援下両側内胸動脈剥離術を対象とした。全例予定手術、年齢は平均64.0±8.2歳、全例男性であった。約30度の右半側臥位とし、3ポートにてda Vinci Surgical System(Intuitive Surgical社, 米国)を導入した。右-左の順で内胸動脈を剥離した後、右内胸動脈を橈骨動脈で延長してOPCABおよびMIDCABを施行した。内胸動脈剥離時間は右側/左側:46.3/32.0分、剥離した内胸動脈の長さは右側/左側:11.5/17.0cmであった。冠血行再建は胸骨正中切開によるOPCAB1例、MIDCAB3例で、術中、術後の合併症はなく、早期グラフト開存率は100%であった。この術式は正中切開を回避でき動脈グラフトのみによる多枝MIDCABを可能にする低侵襲な術式と考えられる。

KEY WORDS: robotics, internal thoracic artery, minimally invasive surgical procedures

Ishikawa N, Watanabe G, Tomita S: **Robot assisted bilateral internal thoracic artery harvesting.** J Jpn Coron Assoc 2008; 14: 110-113

### I. はじめに

手術支援ロボットの開発は1980年代後半から1990年代前半にかけて米国で始まり、da Vinci Surgical System(Intuitive Surgical社, 米国)やZEUS(ComputerMortion社, 米国)といった手術ロボットが実現化されてきた。近年、ロボット外科手術における技術は格段に発達し、領域を問わず術式の低侵襲化がなされてきている。冠動脈外科領域においても、いくつかのロボット支援手術の報告がなされてきており<sup>1-3)</sup>、ロボットを用いた内胸動脈(internal thoracic artery; ITA)剥離術だけでなく、現在ではいくつかの施設でロボットを用いた冠動脈吻合術の報告がある<sup>4,5)</sup>。しかしながらITA剥離術に関してはその詳細なテクニクの報告は少ない。金沢大学では2005年12月よりITA剥離術を中心に手術支援ロボットda Vinci Surgical Systemの臨床使用を開始しており、今回われわれはロボット支援下両側ITA剥離術の方法を報告し、その有用性を検討する。

### II. 対象と方法

2005年12月から2006年11月までの1年間に金沢大学心肺・総合外科において経験した、ロボット支援下ITA剥離術施行患者のうち両側ITA剥離術を施行した4例を対象とした。全例予定手術であり、年齢は平均64.0±8.2歳、全例男性であった。同時期に同施設で施行した両側内胸動脈剥離術は全例ロボット支援下に行った。心肺・総合外科

では当初ロボットを用い左内胸動脈(LITA)のみの剥離術を施行してきたが、そのノウハウの確立とともに具体的には2006年5月から両側ITA剥離術を開始した。

#### 1. 術前検査および麻酔方法

初期の症例では術前に術中と同じ体位にて胸部3D-CTを撮影しロボット鉗子のポート位置確定の検討を行った。肋間のチェックだけでなく、乳頭に1円玉を置いて撮影することにより術中に目印として乳頭を利用することが容易になるように工夫した(図1)。患者は全身麻酔、左肺の虚脱を可能とする分離肺換気、約30度の右半側臥位とし、術中の不測の事態に備えDCパッドを貼付した。

#### 2. 手術方法

まず、バイパスグラフトとして橈骨動脈(radial artery; RA)を採取した。術式の低侵襲化をはかるために可及的に鏡視下に採取した。左胸部第4肋間前腋窩線上に径12mmのカメラポートを挿入、同時にCO<sub>2</sub>送気チューブを接続し胸腔内を陽圧とした。術中の胸腔内圧は6~12mmHgの範囲内で適宜調節した。次いで第2肋間前腋窩線上、第6肋間鎖骨中線上に径8mmの左右ロボットアーム用のポートを作製、ポート作製後da Vinci Surgical Systemを患者右側より導入しロボットアームを胸腔内に設置した(図2)。ロボットの構造上、ロボット本体(Surgical cart)は患者の右側に位置し、ロボット鉗子は左胸部から抱え込むように挿入されることになる。主に左手にはヘラ型の電気メス(EndoWrist Spatula cautery, Intuitive Surgical社)、右手には把持鉗子(EndoWrist Fine tissue forceps, Intuitive Surgical社)を装着し剥離操作を行った。縦隔胸膜をヘラ型電気メスを用い切開し右内胸動脈(RITA)に到達したのち剥離を開始する。このとき右側胸腔はなるべく開胸しないように注意した。これは安全な呼吸管理を目指すた

<sup>1</sup>金沢大学医学部地域医療学講座(〒920-8641金沢市宝町13-1),  
<sup>2</sup>金沢大学医学部心肺・総合外科(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)  
(2007.6.29受付, 2008.3.3受理)

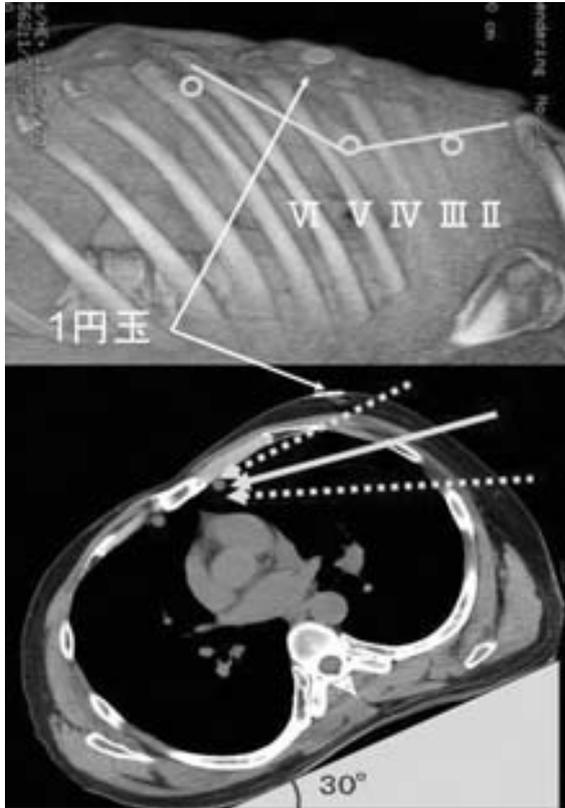


図1 術前胸部3D-CT



図2 ロボット支援下両側内胸動脈剥離術のポート位置

めであるが、4例中2例は右開胸を余儀なくされた。RITAの剥離に次いで術野を手前に戻しLITA剥離を行った(図3)。これはすでに剥離したITAが手技の妨げとならないようにするためである。ほとんど分枝は電気メスにて処理可能であったが、比較的太い分枝はクリップにて処理した。ロボットによる両側ITA剥離後は心拍動下冠動脈バイパス術(off-pump CABG; OPCAB)およびMIDCAB(minimally invasive direct coronary artery bypass)を施行した。剥離範囲は、中枢側は第1肋骨付着部、末梢側は第6肋骨付近のbifurcationまでを目標とした。冠動脈吻合はLITA



図3 ロボット支援下両側内胸動脈剥離術

を前下行枝、RITAをRAで延長し回旋枝に吻合した。なお、本文の数値はmean±SDで表した。

### III. 結 果

剥離した計8本のITAはすべて安全に採取することが可能であった。ロボット導入を開始し完全にロボット鉗子を装着するまでのロボットセットアップ時間は平均8.0±3.6分であった。平均ITA剥離時間はRITA 46.3±15.3分、LITA 32.0±5.8分であった。剥離したITAの平均の長さはRITA 11.5±0.7 cm、LITA 17.0±4.2 cmであった。LITAはRITAに比べて視認性が良好で左鎖骨下動脈分岐部付近まで剥離が可能となるため、結果としてLITAのほうが剥離長が長くなったものと考えられた。ITA剥離の冠血行再建は胸骨正中切開によるOPCAB(2枝)1例、MIDCAB 3例(2枝2例、3枝1例)であった。OPCAB症例は両側ITA剥離術最初の症例であり、RITAが短く正中切開後にRAを直視下に端々吻合した症例である。術中、術後の合併症はなく、早期グラフト開存率は100%であった。

### IV. 考 察

da Vinci Surgical Systemは、① Surgeon console ② Surgical cart ③ Vision cartの3つの部分から構成されるマスター・スレイブシステムを有する手術支援ロボットである(図4)。Surgeon consoleに位置する術者は3次元高解像度のモニターを見ながら手元のハンドルを操作することで、Surgical cartのアームに設置されたロボット鉗子(EndoWrist)を自由にかつ直感的に動かすことができる。さらにその手の動きにはコンピューター制御による動作縮尺機能、手振れ防止機能が付加される。特筆すべきはロボット鉗子であり、先端は通常の内視鏡手術鉗子に手首の機能を加えた7自由度を有し、形状も40種類以上が準備されている(図5)。これらの機能により深部での繊細な縫合、結紮が可能となり、高度な内視鏡手術を実現し手術の低侵襲化に貢献するものといえる。心臓外科領域では主に



図4 da Vinci Surgical System

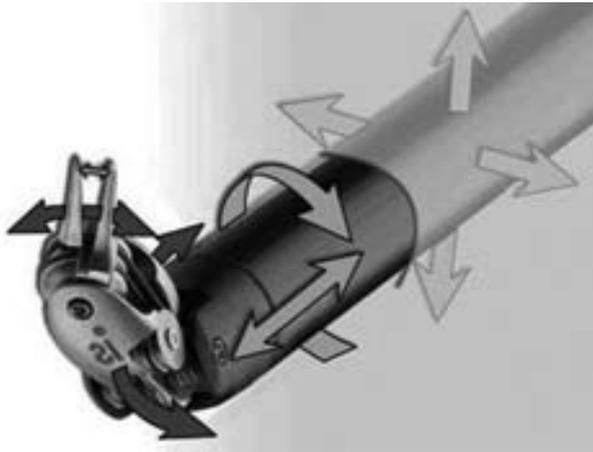


図5 7自由度を有するロボット鉗子(EndoWrist)

僧帽弁形成術, ITA 剥離術, 冠動脈バイパス術を中心に術式の開発がなされてきた。ロボット支援下僧帽弁形成術は 1998 年に Carpentier によって初めて施行され<sup>1)</sup>, その直後に Mohr, Chitwood らが同様の術式を報告している<sup>2,3)</sup>。冠動脈外科領域においては, 1998 年に Loulmet らが da Vinci Surgical System を用いた ITA 剥離術を初めて報告し<sup>4)</sup>, 同時に心停止下の完全内視鏡下冠動脈バイパス術 (totally endoscopic coronary artery bypass; TECAB) を施行している。内視鏡下 ITA 剥離術はすでに報告されているが<sup>6,7)</sup>, 両側の ITA を通常の鏡視下に採取する報告はなく, 左胸腔から同じポートを使って両側 ITA を採取するこの術式はロボットの利点を活かして初めて可能となるものといえる。われわれの施設では内視鏡下 LITA 剥離を行いその成績を報告しているが<sup>8)</sup>, 通常の内視鏡手術では鉗子の先端の自由度が低いことから, RITA の剥離は極めて困難な手技であり, LITA 剥離に限ってもロボット鉗子の自由度, および高解像立体画像下で剥離操作が可能となる本法のほうが安全かつ迅速に手術が可能となる。

術前の 3D-CT でポート位置を検討しているが, これはより中枢側からの内胸動脈剥離を可能にする目的に開始したものである。左内胸動脈剥離術を開始した当初は欧米の報告のとおり左 3.5.7(6) 肋間にポートを置きアプローチを

していたが, 特に中枢側剥離時にアームの自由度に限界を来し剥離が不十分になることがあったため 3D-CT を用いポート位置を再検討したものである。結果として以後の症例ではポート位置を第 2.4.6 肋間と定めた。このアプローチ方法で中枢側は鎖骨下動脈分岐部付近まで剥離することが可能となり, 末梢側も第 6 肋骨付近まで剥離可能となった。欧米に比べ体格の小さい日本人を対象とし, より中枢側までしかも full skeletonized して採取する場合われわれのアプローチ方法が推奨される。

CO<sub>2</sub> の送気は胸腔内圧を高めることによって視野を確保することに有用である。特に RITA 剥離時, ITA 末梢側剥離時の心臓の張り出しおよび心拍動が操作の妨げになることがあるが, 胸腔内圧を随時調節することで胸壁と心臓間のスペースを作り術野の妨げになることを回避することが重要となる。経験上, 上行大動脈が術野の妨げになることは少ない。通常内圧は 6~12 mmHg の圧内で手技が可能であり, 高圧下での長時間の操作は呼吸および血行動態に影響をおよぼす可能性があるため, われわれは RITA 剥離後に一度, 胸腔内圧を 0 mmHg (ポートのシーリングを解除) とし両肺呼吸にて血行動態の安定化を図っている。ポートの位置は正中に近づけば鉗子操作が接線方向となり, 側方に位置すれば心臓, 肺が術野の妨げとなる。われわれの定めたポート位置が最適と考える。剥離操作は主に左手のヘラ型電気メス, 右手の鉗子で中枢側から末梢側に操作を進める。右利きの術者にとって左手に電気メスを持つことは当初不自然に感じるが, ロボットの特性により左右の利き手の違和感は少なく, これにより容易に full skeletonized しての剥離が可能となる。

手術支援ロボットの問題点の一つはロボット鉗子からの感覚のフィードバックがなく, 術者は視覚からのみのフィードバックにより手術することになる。通常開胸手術あるいは内視鏡手術を経験した術者であれば経験と視覚からのフィードバックにより, 安全に手術を行うことは可能と考える。それ以上に高解像度立体モニターによる細部の観察は分枝の確認, 処理に非常に有用である。もう一つの問題点はロボット本体が非常に大きいということである。通常ロボットが位置すると患者ベッドの右側すべてをロボットが占拠してしまい, 医師, 看護師が立つことすらできない。また慎重にポート位置を設定しなければアーム同士が干渉してしまう。この問題に対して, 新しく開発された次世代の da Vinci S は一回り小さい Surgical cart を有し, アームの可動域も格段に改善され非常に扱いやすくなっている。

両側 ITA をロボット支援下に剥離することにより, 正中切開を回避でき, 動脈グラフトのみによる多枝 MID-CAB が可能となる。胸腔内でロボットを用い composite graft を作製し MID-CAB を行った術式は世界でも例を見ず, さらに創痛, 胸骨感染などのリスクも軽減することが可能であり, 手術の低侵襲下に大きく寄与するものと考え

る。一方、RITAが橈骨動脈とのcomposite graftとなることは、開存率の点からはデメリットといえ、回旋枝領域まで到達可能なRITAの採取法の開発が今後の課題と考えられる。Srivastavaらはナイチノール製の小型クリップを用いて、多肢TECABを行い、良好な結果を報告している<sup>5)</sup>が、今後さらなる新たなデバイスの開発などにより完全鏡視下の多肢バイパス術が標準化されていくものと期待される。

#### V. 結 語

ロボット支援下両側内胸動脈剥離術は、正中切開を回避でき、動脈グラフトのみによる多枝MIDCABを可能にする低侵襲な術式といえる。

#### 文 献

- 1) Carpentier A, Loulmet D, Aupecle B, Kieffer JP, Tournay D, Guibourt P, Fiemeyer A, Meleard D, Richomme P, Cardon C: Computer assisted open heart surgery. first case operated on with success. *C R Acad Sci III* 1998; **321**: 437-442
- 2) Falk V, Autschbach R, Krakor R, Walther T, Diegeler A, Onnasch JF, Chitwood WR Jr, Mohr FW: Computer-enhanced mitral valve surgery: toward a total endoscopic procedure. *Semin Thorac Cardiovasc Surg* 1999; **11**: 244-249
- 3) Chitwood WR Jr, Nifong LW, Elbeery JE, Chapman WH, Albrecht R, Kim V, Young JA: Robotic mitral valve repair: trapezoidal resection and prosthetic annuloplasty with the da Vinci surgical system. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2000; **120**: 1171-1172
- 4) Loulmet D, Carpentier A, d' Attellis N, Berrebi A, Cardon C, Ponzio O, Aupecle B, Relland JY: Endoscopic coronary artery bypass grafting with the aid of robotic assisted instruments. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1999; **118**: 4-10
- 5) Izzat MB, Yim AP: Video-assisted internal mammary artery mobilization for minimally invasive direct coronary artery bypass. *Eur J Cardiothorac Surg* 1997; **12**: 811-812
- 6) Tomita S, Watanabe G, Tabata S, Nishida S: Total endoscopic beating-heart coronary artery bypass grafting using a new 3D imaging system. *Innovations* 2006; **1**: 243-246.
- 7) Srivastava S, Gadasalli S, Agusala M, Kolluru R, Naidu J, Shroff M, Barrera R, Quismundo S, Srivastava V: Use of bilateral internal thoracic arteries in CABG through lateral thoracotomy with robotic assistance in 150 patients. *Ann Thorac Surg* 2006; **81**: 800-806
- 8) Tomita S, Watanabe G: Totally endoscopic internal thoracic artery harvesting. *Innovations* 2006; **1**: 243-246