

## Dry Run of Robotic Lung Lobectomy Using Anatomically Correct Lung Models As a Trial and Training Method for Robotic Surgery

Toshiro OBUCHI, Takayuki IMAKIIRE, Sou MIYAHARA, Wakako HAMANAKA,  
Hiroyasu NAKASHIMA, Jun YANAGISAWA, Daisuke HAMATAKE, Yasuteru YOSHINAGA,  
Takeshi SHIRAISHI and Akinori IWASAKI

Department of Thoracic, Breast, Endocrine, and Pediatric Surgery,  
Faculty of Medicine, Fukuoka University

**Abstract :** We herein present the efficacy of a dry run in robotic surgery using the anatomically correct lung models as a trial before introducing a robotic surgical system. The da Vinci robotic surgical system has been demonstrated to be safe and useful; however, it is extremely expensive, so it thus remains unclear whether or not it is cost-effective to use this system. To address this question, we performed robot-assisted lung lobectomy (da Vinci lobectomy) using lung models and tried to evaluate the cost-effectiveness of the procedure. A Da Vinci lobectomy with the lung models was carried out three times; during the first two trials, the lung models were simply put on the table, and during the last trial, they were put in the box that simulated the chest wall. Even using the lung model, we were able to obtain a good evaluation of the ability and feasibility of the da Vinci system, and were able to note potential clinical problems that might be encountered using this method, especially when the model was put in the chest-like box. We believe that performing dry runs of the da Vinci lobectomy with lung models is also useful as a training method for robotic surgery as well.

**Key words :** Robotic surgery, Lung model, Training, Simulated surgery, Da Vinci

## ドライ肺モデルによる da Vinci の導入前評価と トレーニング：ロボット手術の時代を迎えて

大淵 俊朗 今給黎尚幸 宮原 聡 濱中和嘉子 中島 裕康  
柳澤 純 濱武 大輔 吉永 康照 白石 武史 岩崎 昭憲

福岡大学医学部呼吸器・乳腺内分泌・小児外科

**要旨：**手術支援ロボット「da Vinci」の評価や訓練における、ドライ肺モデルを使った模擬手術の有用性について紹介する。有能であるが高額な da Vinci 導入にあたっては、臨床試用の需要があるものの、現実には困難である。そこで我々は代替案としてドライ肺モデルで da Vinci lobectomy を施行し、導入前評価としての有用性を検討した。da Vinci S HD の展示器を使用し、術者と助手各 1 名が役割を交代しながら肺モデルで da Vinci lobectomy を 3 回施行した。最初の 2 回は肺モデルを全く障害のない空間に設置して施行し、最後は胸郭モデル内に設置して施行した。各血管や気管支は体内結紮切離で処理した。da Vinci lobectomy は全て完遂したが、実際に行う場合に想定される問題点やその対応策などを具体的に想起することができた。ドライ肺モデルによる da Vinci lobectomy は da Vinci 導入検討段階における有用な試用法であり、また同法は da Vinci 導入後の教育や訓練にも応用可能であると考えられた。

**索引用語：**ロボット手術, 肺モデル, トレーニング, シミュレーション, ダヴィンチ

## はじめに

今日、欧米を中心に世界中で手術支援ロボットの da Vinci (Intuitive Surgical 社, カリフォルニア) を使って様々な手術が行われている<sup>1) 6)</sup>。呼吸器外科分野においては、いわゆる da Vinci lobectomy<sup>6)</sup> が行われており、わが国でも第 1 例が報告された<sup>7)</sup>。手術用ロボットには興味や関心があるものの極めて高額であり、費用対効果が投資に見合うか否か全く予想できないのが現実である。実際に試用するのが最も適切であるが、通常の医療機器と異なり da Vinci の臨床治験は不可能である。我々はその代替案としてドライ肺モデルを用いて da Vinci lobectomy を行ったところ、本法が導入前評価に極めて有用であると考えられたため、その経験を報告する。

## 対象と方法

ドライ肺モデルとして AC 肺モデル (エムシーメディカル, 東京) を使用し, da Vinci S HD の展示器 (株式会社アダチ, 大阪) を使って術者と助手各 1 名が交互に役割を交代しながら da Vinci lobectomy を合計 3 回施行した。尚, 今回の試用については株式会社アダチの許可を得ている。

da Vinci S HD にはカメラアーム以外に 3 本のインスツルアーム (以下アーム) がある。右手専用のアームが 1 本あり, 左手用は 2 本あるがそのうちの 1 本を選択して操作する。非選択アームはその間ロックされており, 選択を解除するとその状態で固定され動かなくなる。アーム先の鉗子は持針器タイプを基本としたが, 適宜, 剪刀やメーランド剥離鉗子に変更した。アーム先の変更は本番同様に助手が行った。

最初の 2 回は肺モデルを単にテーブルの上に置き, 周囲に全く障害がない状態で (以下 Open air) 模擬手術を行った (図 1)。最後の 1 回は胸郭モデル (日本ライトサービス, 東京) の中に肺モデルを固定して同様に行った (図 2, 3)。これらの模擬手術から da Vinci lobectomy 完遂の可能性や予想される問題点, 注意点などを探り出し, その対策を検討した。

## 結 果

Open air で左上葉切除と右上葉切除を, 胸郭モデル内で右上葉切除をそれぞれ施行した。今回, 自動縫合器は使用せず, 各血管・気管支は 7~10cm 程度の長さの結紮糸を使用し, すべて体内結紮して切離した。da Vinci での体内結紮は初体験であったが比較的容易に施行可能であった。結紮の「絞め具合」は操作ハンドルには伝わ

らないため 3D 画面の情報で判断した。その際, 意図的に結紮糸を引き切る体験を何度か行い, 糸が切れる瞬間の様子を体感した。

Open air において, 左手用の 2 本目のアームは一度ロックすると全く動かないため, 組織展開に極めて有用であった。しかしポートの相互間隔が規定される胸郭モデルで

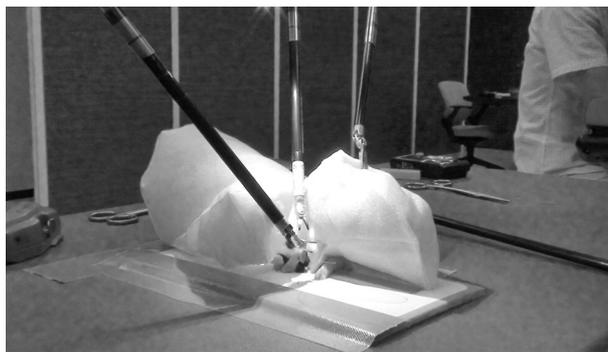


図 1 Robotic lung lobectomy with the anatomically correct lung model which is put on the table

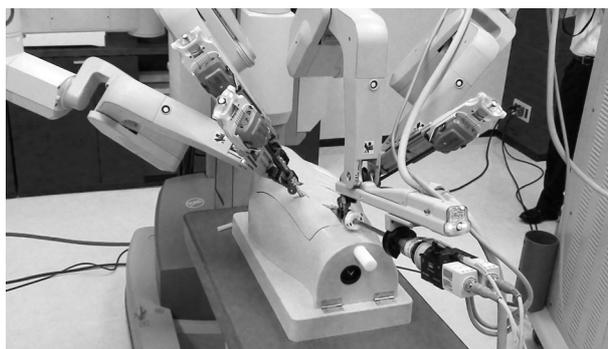


図 2 Robotic lung lobectomy is being performed in the box simulated the chest wall.



図 3 Thoracoscopic view of robotic lung lobectomy using the anatomically correct lung model

は、同アームは他のアームと干渉して使用不能であった。そのため胸郭モデル使用時は、助手が組織展開を行った。各模擬手術とも特に問題なく約30分程度で完遂した。最後に緊急開胸を想定したロボットの緊急離脱の演習も体験した。

## 考 察

da Vinci は2009年11月に呼吸器外科領域を含めてわが国の薬事法承認が得られた<sup>7)</sup>。但し条件として適切な教育プログラムの受講と、手技等に関する十分な知識・経験を有する医師および医療チーム体制の確保および、

応用領域の治療に十分な経験のある医師を有し、緊急時に十分な対応ができる医療機関での実施、が付帯されている。わが国でも既に da Vinci を使った胸腺摘除術<sup>8)</sup> や肺葉切除<sup>7)</sup> が報告されており、今後行う施設が増加すると予想される。その際、前述の様な導入前教育プログラム(動物や cadaver での実習を含む)の履修が求められているものの<sup>7)</sup>、飽くまで da Vinci 購入確定後の演習であって、da Vinci の導入を検討するためのものではない。しかし極めて高額な投資であるため、購入前の試用評価や、購入後の教育および訓練法については当然考慮すべき要件であると考えられる。

導入前評価としての臨床試用は不可能であり、その代替案として動物や cadaver での実習が挙げられる。しかし費用や倫理上の問題のため、安易に施行はできない。その点、今回のドライ肺モデルを使用した模擬手術は、上記の問題が容易にクリアできるため代替案として有力であると考えられる。特に導入検討段階では、本法でもそれなりに臨床試用の実感が得られる点で非常に有意義であった。また動物の摘出臓器と異なり、肺モデルでは体液等による汚染が全くないという点で優れている。特に今回はラボではない普通の部屋での試用であったため、汚染を避けるという面で極めて有用であった。

肺モデルは人体と同じ解剖構造であるため実際の da Vinci lobectomy を想起しやすい。特に胸郭モデルとの併用により、アームの進入角度や組織展開法などの具体的な問題点が浮き彫りになる点でシミュレーションとして優れていた。勿論、本法は da Vinci 導入後でも有用であり、例えば手術室内でのコメディカルらとの教育シミュレーション等にも応用可能であると思われる。

最後に今回の試用経験から得られた、仮に da Vinci lobectomy を行った場合に想定される問題点とその対策案について言及する。まず「体内結紮を行うか否か」で

あるが、da Vinci に結紮の感覚が無いため、少なくとも当初は、肺動脈の結紮を助手が体外結紮する方が安全であると思われた。次に「組織展開はいかに行うか」であるが、左手用の第2アームが干渉により使用できない恐れがあるため、これについても助手が行うことを想定した訓練が必要であると思われた。しかしポート位置の工夫や慣れによって、同第2アームが使用できるようになれば極めて安定した視野が得られるため、今後研究する余地があると思われた。

## 結 語

ドライ肺モデルを使用した da Vinci lobectomy について報告した。同模擬手術は da Vinci 導入前評価や導入後の教育や訓練にも応用可能であると考えられた。

## 謝 辞

本稿を終えるにあたり、da Vinci の試用にご協力頂きました株式会社アダチの関係者御一同に深謝申し上げます。

## 文 献

- 1) Lehr EJ, Odonkor P, Reyes P, Bonatti J. Minimized extracorporeal circulation for the robotic totally endoscopic coronary artery bypass grafting hybrid procedure. *Can J Cardiol.* 2010; 26: e286-7.
- 2) White MA, Haber GP, Autorino R, et al. Robotic laparoendoscopic single-site radical prostatectomy: technique and early outcomes. *Eur Urol.* 2010; 58: 544-50.
- 3) Ragupathi M, Ramos-Valadez DI, Pedraza R, Haas EM. Robotic-assisted single-incision laparoscopic partial colectomy. *Int J Med Robot.* 2010; 6: 362-7.
- 4) Matsuda T, Inoue T, Komai Y. Recent advances of urological laparoscopic surgery in Japan. *Nippon Rinsho.* 2010; 68: 1371-5.
- 5) Ishida Y, Kanaya S, Uyama I. Robotic surgery for gastric cancer with da Vinci SHD Surgical System. *Nippon Rinsho.* 2010; 68: 1212-4.
- 6) Park BJ, Flores RM, Rusch VW. Robotic assistance for video-assisted thoracic surgical lobectomy: technique and initial results. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2006; 131: 54-9.
- 7) 須田隆, 杉村裕志, 北村由香, 栃井祥子, 服部良信. 肺癌に対するロボット支援手術の経験. *日呼外会誌* 2010; 24: 727-32.
- 8) Yoshino I, Hashizume M, Shimada M, et al. Thoracoscopic thymectomy with the da Vinci computer-enhanced surgical system. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2001; 122: 783-5.

(平成22.12.20受付, 平成23. 3.11受理)