

The 28th Lung Cancer Workshop

肺癌に対するロボット手術の現況と展望

中村廣繁¹・谷口雄司¹・三和 健¹・春木朋広¹

Current Status and Future Prospects of Robotic Surgery for Lung Cancer

Hiroshige Nakamura¹; Yuji Taniguchi¹; Ken Miwa¹; Tomohiro Haruki¹

¹Department of Surgery, Division of General Thoracic Surgery, Faculty of Medicine, Tottori University, Japan.

ABSTRACT — **Objective.** As the use of surgical robots has become widespread, it is necessary to verify their usefulness in the field of general thoracic surgery. We herein discuss the current status and future prospects of robotic surgery for lung cancer. **Materials and Methods.** We analyzed reports in the literature as well as our experience with robotic surgery in order to verify the usefulness of and current problems associated with these devices in patients with lung cancer. **Results.** The most favorable advantage of robotic surgery is the markedly free movement of joint-equipped robotic forceps under high three-dimensional vision. Accurately operating the robot makes complex procedures straightforward and may help to overcome the weak points of previous thoracoscopic techniques. Robotic surgery has been safely introduced into the field of thoracic surgery with favorable initial results. The efficiency and safety of robotic procedures will improve with the acquisition of skills. **Conclusions.** Although current evidence is insufficient to support the widespread use of robotic devices in thoracic surgery, this technology may be extended to thoracoscopic surgery, and reports showing its usefulness in patients with primary lung cancer have been accumulating. Preparing for the application of robotic surgery in advanced medical care and obtaining coverage under the national health insurance program are urgent issues.

(JJLC. 2014;54:825-830)

KEY WORDS — Robotic surgery, da Vinci, Lung cancer, Current status and future prospect

Reprints: Hiroshige Nakamura, Department of Surgery, Division of General Thoracic Surgery, Faculty of Medicine, Tottori University, 36-1 Nishi-cho, Yonago, Tottori 683-8504, Japan (e-mail: hnaka@med.tottori-u.ac.jp).

要旨 — **目的.** 手術支援ロボットの普及が進む中で呼吸器外科領域における有用性の検証が求められている。肺癌に対するロボット手術の現状と展望を紹介する。**対象と方法.** 文献的報告と著者らのロボット手術の経験を解析して肺癌に対するロボット手術の有用性と問題点を検証する。**結果.** ロボット手術の最大の利点は、3次元視野下に関節を有する自由度の高い鉗子を用いて巧みな手術操作ができることである。これらの利点は胸腔鏡手術の弱点を補い、複雑な手術を容易にし、精緻な手術を可能にしてくれる。肺癌に対するロボット手術は現在ま

でのところ初期成績は安全に導入され、有用な結果が示されている。今後の技術向上とともに、さらなる安全性と有効性が期待される。**結論.** 呼吸器外科領域でロボット手術の有用性を示すエビデンスはいまだに明らかにされていないが、肺癌に対するロボット手術は胸腔鏡手術の弱点を補い、今後有用性を示すデータが蓄積されていくだろう。現在先進医療、保険収載に向けての準備が急がれている。

索引用語 — ロボット手術, ダ・ヴィンチ, 肺癌, 現状と展望

はじめに

近年、手術支援ロボット（ダ・ヴィンチ）が注目され

ている。ダ・ヴィンチは1999年に米国のIntuitive Surgical社によって市場に導入され、その後改良が進み、本邦では2009年11月に厚生労働省の薬事審議会がダ・ヴィ

¹鳥取大学医学部器官制御外科学講座胸部外科学分野。別刷請求先：中村廣繁，鳥取大学医学部器官制御外科学講座胸

部外科学分野，〒683-8504 鳥取県米子市西町36-1 (e-mail: hnaka@med.tottori-u.ac.jp).

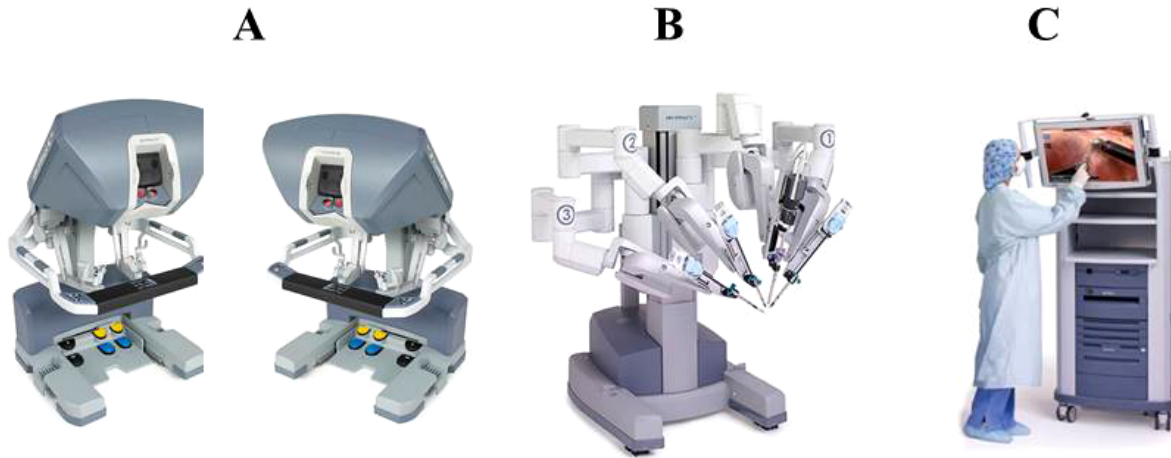


Figure 1. da Vinci Si surgical system. A. Surgeon console, B. Patient cart, C. Vision cart.

ンチ S を、2012 年 10 月には最新機種ダ・ヴィンチ Si を認可した。ダ・ヴィンチの本体はサージョンコンソール (Si はデュアルコンソール)、ペイシャントカート、ビジョンカートの 3 つの部分から構成され、外科医はサージョンコンソールに座り、マスタースレーブ式の遠隔操作で手術を行う (Figure 1)。その特徴は、1) 10 倍まで拡大視可能な 3 次元視野、2) 7 つの自由度を持つ多関節鉗子、3) モーションスケール機能による手振れ防止、にあり、これらにより精緻な手術操作が可能で、狭い領域での複雑な手術手技を正確かつ容易にしてくれる。^{1,2} したがって、癌に対する低侵襲性と根治性、さらに機能温存を可能にする手術として期待が大きい。特に狭い部位に存在する骨盤内臓器の癌では通常の内視鏡手術が困難なことも多く、早くからその有用性が注目された。とりわけ、膀胱直腸の神経機能温存や性機能温存が期待される前立腺癌に対する手術では大きな威力を発揮し、従来の開腹手術と比較すると痛み、出血量、早期社会復帰、術後の Quality of Life (QOL) などいずれも上回る成績が出ており、欧米では爆発的な普及となっている。本邦は諸外国と比較してロボット導入が遅れていたが、2012 年 4 月の前立腺癌に対する保険収載以降、一気に加速し、2014 年 10 月現在では約 180 台が導入され、世界第 2 位、アジア第 1 位のロボット保有国となった。いよいよ本格的なロボット支援手術 (以下ロボット手術) 時代の到来となったが、呼吸器外科 (胸部外科) 領域では遅れている。

肺癌に対するロボット手術

呼吸器外科 (胸部外科) のロボット手術は肺癌、胸腺疾患、縦隔腫瘍に対して行われるが、^{1,3} 本邦全体のいまだ 3% 以下にすぎず、遅れている。理由として胸腔内は、

1) 血流豊富な大血管が多い、2) ターゲットエリアが広い、3) 切除手術が主体で、再建手技が少ない、4) 完全胸腔鏡手術導入が少ない、5) 他分野よりラーニングカーブが遅い、などが考えられる。^{1,2} しかし、これらの要因はロボット手術導入にあたり果たして本当に大きなハンディキャップとなるのであろうか? 肺癌に関して呼吸器外科医は、これまで創意と工夫により多くの困難を克服し、胸腔鏡手術手技を確立し、適応を拡大してきた。そして、近年の画像、光学技術の発展がそれを後押ししてきたが、胸腔鏡下の限られた可動域はしばしば手術の制約となり、適応を拡大するほど外科医のストレスや根治性への不安と背中合わせである。精緻操作を可能にしたロボット手術が胸腔鏡手術の難点を補う新技術として、その地位を獲得する道があるかどうかの検証が急がれる。われわれは 2011 年 1 月から約 3 年 6 ヶ月間で 53 例のロボット手術を施行し、そのうち 29 例の肺癌手術を施行した。ロボット手術はまだ始まったばかりであるが、今後の技術革新を含めて大きな発展性を秘めており、期待が集まっている。

1. 手術の実際

1) 手術適応

手術適応はほぼ胸腔鏡手術に準じるが、初期例はリンパ節転移のない臨床病期 I 期、肺野型が望ましい。腫瘍径は 3 cm 以内がよいが、ロボット手術に熟練するにつれて、大きな腫瘍、浸潤傾向のある腫瘍、肺門部の腫瘍にも適応が拡大する可能性がある。¹

2) 術前準備と処置

術前準備と処置は通常の呼吸器外科手術と何ら変わりはない。全例に禁煙の徹底と、低肺機能の患者には呼吸訓練や吸入処置を行う。術前に大切な点はロボット手術

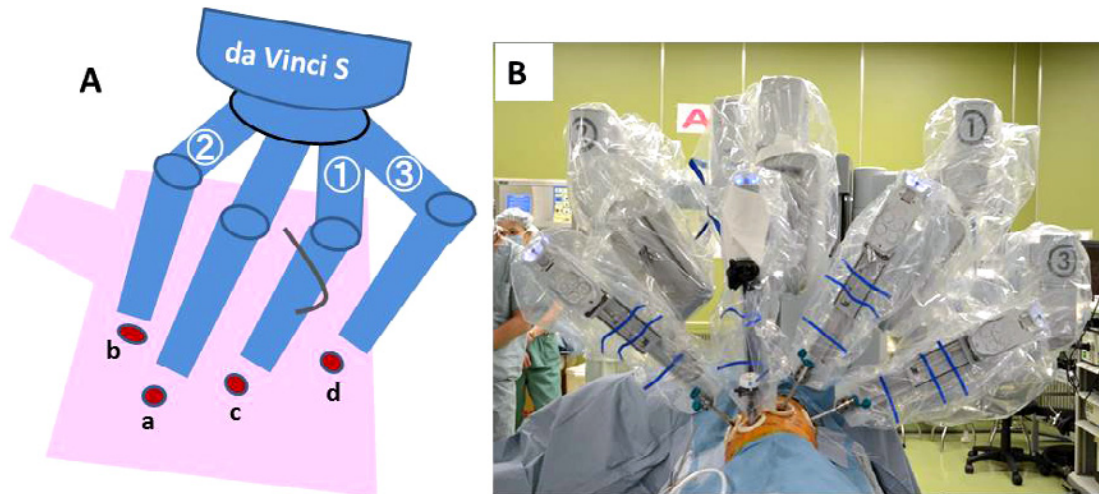


Figure 2. Set up for lung cancer surgery. **A.** Port replacement, **B.** Set up of da Vinci arms.

の詳細についての説明である。現時点ではロボット手術は臨床研究であることや、ロボット手術のメリット・デメリット、費用についてまで十分な納得が得られるようにIC (informed consent) を取ることが重要である。¹

3) 手術手技の実際

健側下の側臥位で全身麻酔、左右分離換気下で行う。欧米で好まれるCO₂送気による気胸を作成するかどうかは議論がある。^{1,2} 気胸作成のメリットには、1) 肺虚脱と胸腔拡大により良好な視野を得られること、2) 出血量の軽減が図れること、3) 胸腔内の温度や湿度が保てることによる臓器保護効果、などがある。一方、デメリットは、1) 呼吸循環動態の不安定化、2) 空気塞栓の懸念、3) ポートから道具が1本しか使用できないこと、などがあげられ一長一短と考えられる。本邦では通常の胸腔鏡手術に準じて気胸作成は行われないことが多いが、われわれは最近左上葉切除に対する気胸作成により良好な視野と操作性を経験しており、気胸作成による有用性も検討してみる必要がある。使用するアーム数も重要な論点である。日本人のやせた体型では4アーム法はしばしばアームの干渉を生じるため注意を要する。また、4アーム法は術者の負担が増加するため、導入初期は3アーム法が無難だが、熟練とともに4アーム法を行うと操作性が向上する。^{1,3} 通常は頭側斜位からドッキングを行い (Figure 2), 3ポート, 1アシストを使用する。ポート間はロボット鉗子の良好な操作性のために8 cm以上の距離を取る必要がある。^{3rd} アームは視野展開や剥離の際のアシストに使用する。助手はロボット鉗子の交換やアシスト孔からの吸引、コットンを用いた術野展開とエネルギーデバイス、自動縫合器の使用を行う。手振れのない正確な操作、左手による適切なカウンターアクションが肺門剥離やリンパ節郭清に威力を発揮する。

実際の手術手技は胸腔鏡手術に準ずるが、カメラは尾側から入るため、頭側の構造物が死角になりやすい。大きな展開は不得手のため、肺門操作は手前から進めることが多い。上葉切除、中葉切除における鉗子の操作性はよいが、下葉切除では肺靱帯の切離操作で鉗子が窮屈になりやすく注意を要する。左上葉切除では気管支処理後に肺動脈を切離する方法をマスターしておく操作性がよい。肺門剥離操作、リンパ節郭清では左手による適切なカウンターアクションが効果的で、関節を有する鉗子の正確な操作が威力を発揮する。気管支形成術ではダ・ヴィンチ鉗子による縫合操作が活かされる。⁴ 肺手術は時に出血のリスクにも遭遇するので、麻酔医との連携や緊急時の対応については普段からチームで対処法を話し合っておくことも重要である。

2. 本邦および欧米での現況

1) 本邦でのロボット手術

本邦での肺癌手術は2010年の須田ら⁵の報告以来、現在までに約120例が施行されている。日本内視鏡外科学会のロボット支援手術委員会における、2012年9月末までに本邦で施行されたロボット手術のアンケート調査では、9施設から原発性肺癌60例が集積された。平均年齢は64.5歳、性差は男性32例、女性28例で、組織型は腺癌が53例(88%)と多い。臨床病期はI期が54例(90%)を占めたが、病理病期ではI期は48例(80%)と減少した。手術術式は葉切が56例(93%)と圧倒的に多く、内訳は右肺上葉切除21例、右肺中葉切除7例、右肺下葉切除14例、左肺上葉切除8例、左肺下葉切除6例であった。右肺上葉の気管支形成術1例、区域切除3例(右S₆区域切除1例、左上区域切除1例、左底区域切除1例)が含まれる。手術時間284.7分、コンソール時間206.4分、出



Figure 3. Operative view of robotic surgery for lung cancer.

血量 129 ml で、初期症例であることから手術時間は長い。2 例 (3.3%) に開胸コンバートが行われており、いずれも原因は出血であった。そのうち 1 例は出血量が 2069 ml に達しており、輸血が施行されている。ドレーン留置は 3.3 日、術後合併症は 4 例 (6.7%) に生じ、肺痿、乳び胸、心房細動、胆嚢炎が各々 1 例で、いずれも軽症であった。術後在院日数 8.2 日、在院日数 10.9 日で、平均 16.8 ヶ月の経過観察中に再発は 4 例 (6.7%)、死亡は 3 例 (5.0%) に認められ、癌死 2 例、他病死 1 例であった。

2) 鳥取大学でのロボット手術

当科では、2011 年 1 月から現在までに施行した呼吸器外科に対するロボット手術 53 例中、原発性肺癌は 29 例で、いずれも良好な結果を得た。年齢は平均 68.7 歳、男性 10 例、女性 19 例で、術式は右上葉切除 13 例 (気管支形成 1 例含む)、右中葉切除 5 例 (上葉合併部切 2 例含む)、右下葉切除 4 例、左上葉切除 5 例、左下葉切除 1 例、左肺底区切除 1 例であった。術後病理病期は IA 期 18 例、IB 期 8 例、IIA 期 2 例、IIB 期 1 例であった。肺葉切除+リンパ節郭清を施行した 27 例では手術時間 268.0 分、コンソール時間 201.0 分、出血量 55.2 ml であった。ラーニングカーブも明らかで、後半の 13 例は手術時間 230.3 分、コンソール時間 164.4 分、出血量 25.0 ml と改善している。ドレーン留置期間は 2.5 日、術後在院日数は 7.2 日、術後合併症は 4 例で、心房細動 2 例、乳び胸 1 例、膀胱炎 1 例を認めたが、いずれも軽症であった。また、コンバート症例は現在まで 1 例もなかった。Figure 3 は当院におけるロボット手術専用室におけるロボット手術の様子を示している。また、Figure 4 は術者が見るコンソール画面を示しているが、タイプロ機能を用いて、画像を参照しながら肺血管の処理を進めている。

3) 欧米でのロボット手術

欧米では肺癌手術の実績は Melfi ら⁶の最初の報告に

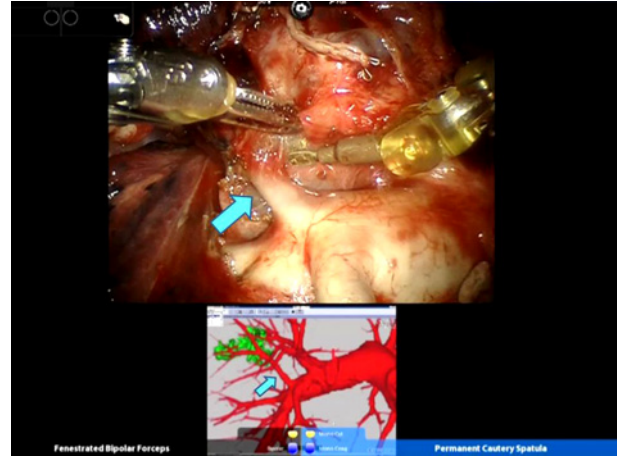


Figure 4. Visual field at the surgical console. The operative procedure proceeds by referring to the preoperative image in the tile-Pro function.

始まり、次第に蓄積されてきている。胸腔鏡手術の普及が限定されている中で、開胸手術から直接ロボット手術へ移行する呼吸器外科医もいるが、現状は前立腺癌や子宮癌に対する手術ほどは進んでいない。最近の報告を Table 1 に要約した。⁷⁻¹⁵ 手技は 3 アーム法が主体であり、開胸コンバート率、手術時間、合併症、手術死亡などの周術期因子は概ね良好である。Dylewski ら¹³の 200 例の報告では、低いコンバート率、短い手術時間と在院日数が特筆される。また、Park ら¹⁶は多施設共同による 325 例の解析で、手術死亡率 0.3%、5 年生存率が IA 期で 91%、IB 期で 88% と良好な成績を報告している。ロボット手術のメリットの一つとして、その優れた操作性からリンパ節郭清への有用性が期待される。胸腔鏡手術では不十分となりやすい肺門および縦隔でリンパ節を破碎せずに一塊として郭清できること、神経麻痺、乳び胸などの合併症が少ないことが報告されている。¹⁷ また、近年注目されている小型肺癌に対する区域切除に対しても有用性が報告されている。¹⁸ 患者の術後 QOL も重要となるが、Cerfolio ら¹⁹は、ロボット手術は開胸手術と比較して、術後 3 週間で精神的および身体的 QOL が良好であることを示した。

ロボット手術と胸腔鏡手術の前向き比較試験の報告はいまだなく、ロボット手術の有用性は実証されていない。Jang ら²⁰は肺癌に対して肺葉切除を施行したロボット手術 40 例と初期の胸腔鏡手術 40 例を比較したところ、術後合併症は 4 例 (10%)、13 例 (32.5%)、術中出血量は 219 ml、374 ml、術後在院日数は 6 日、9 日と、ロボット手術は胸腔鏡手術と比較して有意に良好であったと報告した。これは同じ初期例の比較という意味で参考になるが、当然ながら最近の成熟した胸腔鏡手術との比較では

Table 1. Operative Results of Robotic Surgery for Lung Cancer

	Author	Year	Cases	Arm	Conversion (%)	Operation time (min)	LOS (day)	Mortality (%)	Morbidity (%)
1	Park BJ ⁷	2006	34	3	11.8	218	4.5	0	26.5
2	Gharagozloo F ⁸	2009	100	3	1	216	4	3.0	21.0
3	Veronesi G ⁹	2010	54	4	13.0	236	5	0	20.4
4	Giulianotti PC ¹⁰	2010	38	3	15.7	209	10	2.6	10.5
5	Ninan M ¹¹	2010	76	3	2.6	150	3	0	11.8
6	Augustin F ¹²	2011	26	3	19.2	228	11	0	15.4
7	Dylewski MR ¹³	2011	200	3	1.5	90	3	2.0	26.0
8	Cerfolio RJ ¹⁴	2011	119	4	10.9	132	2	0	23.5
9	Louie BE ¹⁵	2012	46	3	2.2	213	4	0	43.5
	mean		77.0		8.7	188.0	5.2	0.8	22.1

LOS: length of stay.

ロボット手術の優位性は減少してくる。Louieら¹⁵はロボット手術と胸腔鏡手術のケースコントロール分析を行って比較し、周術期成績には両者に大きな差はないが、鎮痛剤使用が少なく日常生活への復帰が早いのはロボット手術であったと報告した。一方で反対の報告もあり、Augustinら²¹は手術時間、術中出血を反映する術後のヘモグロビンレベル、手術コストの点で明らかに胸腔鏡手術の方が良好であったと報告している。Veronesi²²は開胸術も含めて検討し、現時点でのまとめとして、ロボット手術は肺癌手術としての根治性、安全性は同等で、胸腔鏡手術よりも操作性、ラーニングカーブの短さで勝るが、高いコスト、利用できる器具が限定していること、手術時間の長さが欠点であるとしている。また、最近Kentら²³は米国の2008～2010年までの3年間のデータベースから開胸、胸腔鏡手術、ロボット手術の3者をブローペンシティブスコアでマッチさせた多数例のコホートで比較し、ロボット手術は死亡率、合併症率、在院日数において開胸手術よりも良好で、胸腔鏡手術とはほぼ同等であったと報告している。結論として現時点ではロボット手術のメリットが実証されていないが、ロボット手術ははまだ初期例の検討が多く、今後も比較検討を重ねることが大切と考えられる。

3. 今後の展望

肺癌に対するロボット手術は欧米で先行しており、良好な長期成績も出されるようになってきた。²⁴⁻²⁶さらに、2014年4月には米国で最新機種ダ・ヴィンチXiがリリースされた。Xiではロボットアームやカメラがよりコンパクトになり、視野や操作性が向上している。本邦ではデバイス・ラグの問題が大きく、5mmポートや5mm鉗子もいまだ使用できず、新機種が市場に入るにはまだ時間がかかるであろう。問題とされる触覚の欠如は、習熟により視覚補正や抵抗感覚でカバーできるが、

センサーも研究されている。ロボット支援下のナビゲーション手術にも期待がかかる。呼吸器外科では鈍で大きめのシザース鉗子、彎曲鉗子があれば便利である。しかし、現時点での一番の課題はコストであり、この克服にはロボットおよびその周辺機器の価格の低下と、ロボット手術の保険収載が大切である。そのためには、先進医療Bにおいてロボット手術の胸腔鏡手術に対する優越性を示す臨床試験が求められている。胸腔鏡手術のレトロスペクティブデータとの比較は容易ではないが、精緻操作ができるロボット手術では術後呼吸器合併症発生率の低下が期待されている。

おわりに

呼吸器外科領域のロボット手術は他分野と比較して遅れている。ロボット手術の有用性を示すエビデンスはいまだに明らかにされていない中で、3次元視野下で関節を有する自由度の高い鉗子を用いた精緻な手術操作は、胸腔鏡手術の弱点を補ってくれる。今後、ロボット手術の有用性を示すデータの蓄積が期待されており、現在先進医療、保険収載に向けての準備が急がれている。

本論文内容に関連する著者の利益相反：なし

REFERENCES

1. 中村廣繁, 谷口雄司. 2章 ロボット手術の実際: 呼吸器外科. ロボット手術マニュアル～da Vinci手術を始めるときに読む本～. 東京: メジカルビュー社; 2012:94-113.
2. Nakamura H, Taniguchi Y. Robot-assisted thoracoscopic surgery: current status and prospects. *Gen Thorac Cardiovasc Surg*. 2013;61:127-132.
3. 中村廣繁, 谷口雄司, 荒木邦夫, 三和 健, 藤岡真治, 春木朋広, 他. 呼吸器外科におけるロボット手術の初期導入結果の検討. *日呼外会誌*. 2012;26:704-712.
4. Nakamura H, Taniguchi Y, Miwa K, Fujioka S, Matsuoka Y, Kubouchi Y. A successful case of robotic bronchoplas-

- tic lobectomy for lung cancer. *Ann Thorac Cardiovasc Surg*. 2013;19:478-480.
5. 須田 隆, 杉村裕志, 北村由香, 柄井祥子, 服部良信. 肺癌に対するロボット支援手術の経験—ダヴィンチロボット支援肺癌手術本邦第1例—. *日呼外会誌*. 2010;24:727-732.
 6. Melfi FM, Menconi GF, Mariani AM, Angeletti CA. Early experience with robotic technology for thoracoscopic surgery. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2002;21:864-868.
 7. Park BJ, Flores RM, Rusch VW. Robotic assistance for video-assisted thoracic surgical lobectomy: technique and initial results. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2006;131:54-59.
 8. Gharagozloo F, Margolis M, Tempesta B, Strother E, Najam F. Robot-assisted lobectomy for early-stage lung cancer: report of 100 consecutive cases. *Ann Thorac Surg*. 2009;88:380-384.
 9. Veronesi G, Galetta D, Maisonneuve P, Melfi F, Schmid RA, Borri A, et al. Four-arm robotic lobectomy for the treatment of early-stage lung cancer. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2010;140:19-25.
 10. Giulianotti PC, Buchs NC, Caravaglios G, Bianco FM. Robot-assisted lung resection: outcomes and technical details. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2010;11:388-392.
 11. Ninan M, Dylewski MR. Total port-access robot-assisted pulmonary lobectomy without utility thoracotomy. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2010;38:231-232.
 12. Augustin F, Bodner J, Wykypiel H, Schwinghammer C, Schmid T. Initial experience with robotic lung lobectomy: report of two different approaches. *Surg Endosc*. 2011;25:108-113.
 13. Dylewski MR, Ohaeto AC, Pereira JF. Pulmonary resection using a total endoscopic robotic video-assisted approach. *Semin Thorac Cardiovasc Surg*. 2011;23:36-42.
 14. Cerfolio RJ, Bryant AS, Skylizard L, Minnich DJ. Initial consecutive experience of completely portal robotic pulmonary resection with 4 arms. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2011;142:740-746.
 15. Louie BE, Farivar AS, Aye RW, Vallières E. Early experience with robotic lung resection results in similar operative outcomes and morbidity when compared with matched video-assisted thoracoscopic surgery cases. *Ann Thorac Surg*. 2012;93:1598-1605.
 16. Park BJ, Melfi F, Mussi A, Maisonneuve P, Spaggiari L, Da Silva RK, et al. Robotic lobectomy for non-small cell lung cancer (NSCLC): long-term oncologic results. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2012;143:383-389.
 17. Minnich DJ, Bryant AS, Cerfolio RJ. Thoracoscopic and robotic dissection of mediastinal lymph nodes. *Thorac Surg Clin*. 2012;22:215-218.
 18. Pardolesi A, Park B, Petrella F, Borri A, Gasparri R, Veronesi G. Robotic anatomic segmentectomy of the lung: technical aspects and initial results. *Ann Thorac Surg*. 2012;94:929-934.
 19. Cerfolio RJ, Bryant AS. Quality of life after pulmonary resections. *Thorac Surg Clin*. 2013;23:437-442.
 20. Jang HJ, Lee HS, Park SY, Zo JI. Comparison of the early robot-assisted lobectomy experience to video-assisted thoracic surgery lobectomy for lung cancer: a single-institution case series matching study. *Innovations*. 2011;6:305-310.
 21. Augustin F, Bodner J, Maier H, Schwinghammer C, Pichler B, Lucciarini P, et al. Robotic-assisted minimally invasive vs. thoracoscopic lung lobectomy: comparison of perioperative results in a learning curve setting. *Langenbecks Arch Surg*. 2013;398:895-901.
 22. Veronesi G. Robotic surgery for the treatment of early-stage lung cancer. *Curr Opin Oncol*. 2013;25:107-114.
 23. Kent M, Wang T, Whyte R, Curran T, Flores R, Gangadharan S. Open, video-assisted thoracic surgery, and robotic lobectomy: review of a national database. *Ann Thorac Surg*. 2014;97:236-244.
 24. Adams RD, Bolton WD, Stephenson JE, Henry G, Robbins ET, Sommers E. Initial multicenter community robotic lobectomy experience: comparisons to a national database. *Ann Thorac Surg*. 2014;97:1893-1900.
 25. Cao C, Manganas C, Ang SC, Yan TD. A systematic review and meta-analysis on pulmonary resections by robotic video-assisted thoracic surgery. *Ann Cardiothorac Surg*. 2012;1:3-10.
 26. Farivar AS, Cerfolio RJ, Vallières E, Knight AW, Bryant A, Lingala V, et al. Comparing robotic lung resection with thoracotomy and video-assisted thoracoscopic surgery cases entered into the Society of Thoracic Surgeons database. *Innovations*. 2014;9:10-15.