

綜 説

呼吸器外科の低侵襲手術
～胸腔鏡からロボット支援手術まで～

吉 田 和 夫

信州大学医学部附属病院呼吸器外科

Minimal Invasive Thoracic Surgery
～Road to Robotic Surgery～

Kazuo YOSHIDA

Department of Thoracic Surgery, Shinshu University Hospital

Key words: minimal invasive surgery, VATS, robotic surgery, thymectomy, pulmonaly lobectomy
低侵襲手術, 胸腔鏡下手術, ロボット支援手術, 胸腺摘除術, 肺葉切除術

I はじめに

呼吸器外科領域で最も重要な手術は、症例数、悪性度からも原発性肺癌に対する肺葉切除であると思われる。この術式は腫瘍の存在する肺葉を切除し、肺門及び縦隔リンパ節を郭清するというもので非小細胞肺癌(NSCLC)に対する標準術式とされている。しかし、画像診断の進歩、患者側からの要望も含め、身体の負担の少ない低侵襲手術のニーズが高くなり、少しずつ変化がみられる。低侵襲の概念は大きく二つに分けられると思われる。一つは胸腔鏡に代表される鏡視下手術で、皮膚切開、胸壁損傷等の手術のアプローチを低侵襲化するものであり、もう一つは一律に肺葉を切除するのではなく、各症例に応じて、根治性を保ちながらも、臓器切除範囲を従来よりも少なくし機能温存を図るというものである。他の呼吸器外科領域の疾患も交えて低侵襲手術について概説していきたい。

II 原発性肺癌に対する低侵襲手術

A 葉切除から区域切除・部分切除へ

原発性肺癌に対する初めての手術成功例は1930年代にGrahamが施行した肺全摘術とされる¹⁾。患者は整形外科医であったが、術後経過も良好であったようで

ある。この手術の成功もあり、肺癌に対しては患側肺全摘術が施行される時代が続いた。その後、リンパ節郭清と肺葉切除の組み合わせが、肺全摘術と同等の予後が得られることが示され、標準術式として確立し²⁾、長年この術式が全世界で多数施行されてきた。一方、近年における画像診断の発達に伴い、従来では同定不可能であった小型肺癌が発見されるようになった。1 cmに満たない肺癌が診断されることもしばしばであり、これらに対して葉切除は過大な術式ではないかと疑問が出てきたことも当然であった。そこで、かつて良性疾患である結核外科の手技として発展を遂げた区域切除等の縮小手術に注目が集まった。従来この手技は、腫瘍学的には標準術式の適応であるが、耐術能に問題がある症例に施行されてきたが(消極的適応)、近年になり症例を選べば根治度を落とさずに本術式で根治手術が可能ではないか(積極的適応)、と言う発想に基づき見直されてきた。縮小手術の検証の一つとして、1980年代に北米でGinsbergらのLung Cancer Study Group(LCSG)は、原発性肺癌に対し葉切除vs縮小手術(区域切除, 部分切除)で無作為比較試験を施行した。その結果は、葉切除群が生命予後、局所再発のリスクの点でも縮小手術群よりも優れているというものであり³⁾、縮小手術に対し否定的な結果であった。一方、本邦からはKodamaら⁴⁾が、病期IA期肺癌の一部に、Okadaら⁵⁾臨床病期T1N0M0で2 cm以下の非小細胞肺癌(NSCLC)に、縮小

別刷請求先: 吉田 和夫 〒390-8621
松本市旭3-1-1 信州大学医学部附属病院呼吸器外科
E-mail: kxy13@shinshu-u.ac.jp

手術を検討する価値があるとする結果を報告し、さらに Koike ら⁹⁾が肺野末梢に局在する 2 cm 未満の NSCLC に対しての縮小手術は、葉切除と比肩しうる成績であるとした。先の LCSG の研究デザインには、症例選択、集積期間、解析方法等に多くの問題点が指摘されたため、改めて臨床試験が行われている (JCOG0802/WJOG4607L)。結論はこれらの最終結果を待たねばならないが、2 cm 以下でリンパ節転移のない NSCLC には縮小手術は有用な術式の選択肢になりうるのではないかとみられている。

B 胸腔鏡手術の現況

低侵襲手術のもう一つのアプローチは胸腔鏡手術に代表される鏡視下手術であろう。鏡視下手術は、従来大きく開腹、開胸していた手術創を内視鏡装置を用いることにより、小さい創で手術を完遂し、患者の術後早期回復、早期社会復帰をはかろうというものである。最近では、ロボット支援手術 (Robotic-Assisted Thoracoscopic Surgery; RATS) もこの選択肢の一つになる時代になってきた。

胸腔鏡を用いた診療の歴史は意外に古く、1915年 Jacobeus^{7,8)}により膀胱鏡での胸腔内視診が報告されている (図 1)。本邦では、1944年木本⁹⁾が、やはり 20 例の肺結核患者に対して胸腔内視診を報告したが、結核患者の減少もあり普及には至らなかった。その後 1978年に Takeno¹⁰⁾が自然気胸に、Wakabayashi¹¹⁾が重症肺気腫患者に対して胸腔鏡下手術の有用性を報告し、忘れられていた技術が再び脚光を浴び始めた¹²⁾。同時期に消化器外科領域では腹腔鏡下胆嚢摘出術が評価を確立しつつあったが、呼吸器外科領域では、これに少し遅れて 1994年に胸腔鏡下肺部分切除が保険収載となった。当初は全国で施行された胸腔鏡手術約 2,400 例の内、良性疾患が 2,030 例と大多数であったが、2005年には総数約 10,000 例/年と 5 倍になり、良悪性疾患がほぼ同数となった。2009年には全国で 13,500 例/年を越える胸腔鏡手術が施行され、うち悪性疾患が約 8,000 例 (原発性肺癌 約 6,500 例) と完全に逆転している¹³⁾。この急速な普及の原因は、医療者・患者双方の低侵襲手術に対する関心の高まりも無視できないが、CT 検診等の普及により胸腔鏡手術に良い適応となる早期肺癌例が増加していることも一因であろう。胸腔鏡手術用の手術機器、モニター、内視鏡等の光学機器の発達と呼吸器外科医の手技の習熟度上昇も大きい。

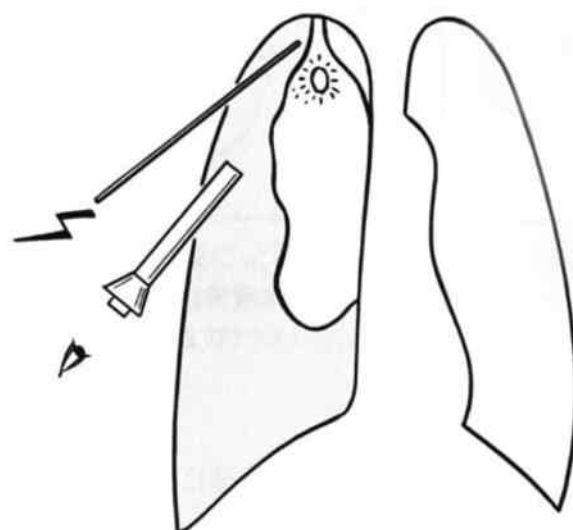


図 1 Jacobeus による膀胱鏡での胸腔内癒着剥離治療 (文献 8 より引用)

C 胸腔鏡手術の実際

1992年に Lewis¹⁴⁾は胸腔鏡を用いた小開胸併用肺葉切除を報告したが、この時に用いられた胸腔鏡下補助下手術 (VATS; video-assisted thoracic surgery) という用語が急速に普及した。しかし、どこまでの“小開胸”が VATS の範疇かの定義はなく、VATS と一口に言っても術者、施設によりかなり異なる様相を呈している。現状では、VATS と言われるものは、主にモニター視により手術を完遂する完全鏡視下 (complete VATS) か、小開胸創からの直視、VATS を併用するハイブリッド VATS に大別され、先の 2009 年の集計では、回答のあった 245 施設のうち、complete VATS が 44 %、ハイブリッド VATS が 16 %、両者混合及びその他が 40 %であった¹³⁾。

このように VATS と言っても、実際はかなりヴァリエーションに富んでいるのが現状ではあるが、2-3 カ所の操作孔 (1-2 cm) と大きめの創 (2-10 cm) で手術を完遂する点は共通であると思われる (図 2 A)。これは、従来の肋骨を 1-2 本背側で離断、あるいは切除し、広背筋、前鋸筋という呼吸運動に重要な役割を持つ筋群を離断してしまう後側方切開と大きく異なる点である (図 2 B)。

D 胸腔鏡手術の利点

前述のように、従来の手術創に比較しはるかに小さく術後疼痛も軽い印象の VATS であるが、その根治性と利点についていくつかの科学的検証がされている。

炎症反応等の生物学的反応について、VATS と開胸の比較がいくつかなされている。インターロイキン

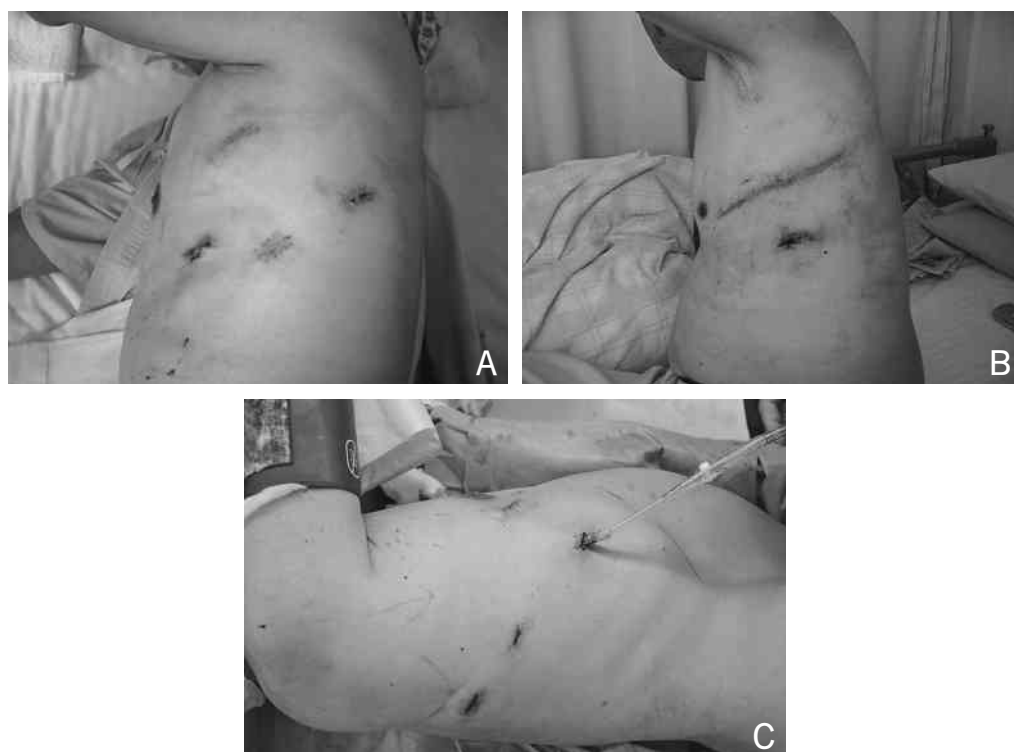


図2 肺葉切除における手術創

A：胸腔鏡手術（VATS）の操作孔。B：開胸によるもの。C：ロボット支援手術の術直後の操作孔。

6, 10等のサイトカインやCRPの上昇¹⁵⁾¹⁶⁾や術後のCD4あるいはNK (natural killer) 細胞の産生低下等^{17)–19)}もVATS群が開胸群に比較し抑制されていたという結果が報告されており、術後急性期におけるVATSの優位性を示している。

腫瘍学的にはどうであろうか。2005年度版の肺癌診療ガイドラインでは、臨床病期I期肺癌に対するVATSはグレードCとされた²⁰⁾が、2013年度版ではグレードC1となった。開胸 vs VATSでは、小規模ながら無作為化比較試験が行われており、手術時間、出血量、在院日数等の周術期データ²¹⁾²²⁾、及び郭清リンパ節个数、再発率、5年生存率等の、いわば手術のクオリティにも差がない²³⁾とするものであった。これらの論文を含めたメタアナリシスの結果も報告されている¹⁹⁾²⁴⁾。多施設の解析では、VATS群で周術期合併症が少なく、ドレーン留置期間、在院日数の点で有利であるとする報告が多く^{25)–28)}、この理由として前述の炎症反応や免疫機能における優位性が考えられる。また、NCCN (National Comprehensive Cancer Network) でも、VATSはNSCLCに対しては容認可能なアプローチとしている²⁰⁾。エビデンスレベルの高い無作為化比較試験は未だ行われていないが、日

本胸部外科学会年次調査によれば2009年にはVATS肺葉切除は12,008例に施行されており²⁹⁾、実地臨床の場では臨床病期I期肺癌に対しては許容される術式と思われる。

E 縦隔疾患の低侵襲手術

原発性肺癌と共に、呼吸器外科疾患で重要な縦隔疾患に対してはVATSの臨床的意義はどうであろうか。神経原性腫瘍等の中後縦隔腫瘍に対しては、腫瘍径が術式選択 (VATSか開胸か?) で問題になることはあるが、基本的にはVATSで施行されるのが標準的と思われる。議論になるのは胸腺腫に代表される前縦隔腫瘍と重症筋無力症 (Myasthenia Gravis; MG) であろう。これら2疾患に対しては、心臓手術と同様に胸骨縦切開による胸腺全摘除術が長らく施行されてきており、現在も標準的術式という位置づけである。しかし、特に後者は良性疾患であり、若年患者も多いことから整容性の問題もあり (図3A)、光学機器の発展と相まったVATSの隆盛とともにアプローチが見直されてきた。前縦隔疾患に対するVATSのアプローチは各施設で異なるが、仰臥位で片側あるいは両側側胸部に加え心窩部に操作孔を設けることが多く (図3B)、これに加えてワイヤー等を用いて胸骨を鈎



図3 胸腺全摘術における手術創

A：胸骨縦切開によるもの。B：胸腔鏡手術（VATS）の操作孔。心窩部に1カ所，右側胸部に2カ所設けた症例。
C：ロボット支援手術の術直後の操作孔。

り上げる施設が多い。吊り上げにより前縦隔の狭いワーキング・スペースを拡大し，操作性を向上させることが目的である。これらの工夫もあり，出血量，ドレーン留置期間等の周術期データに関してはVATSが胸骨正中切開に比較し遜色ないか有利な点もあるとされている²⁴⁾²⁵⁾。予後に関しては，胸腺腫は10年以上の観察期間が必要とされるため長期的な報告はまだない。しかし，短期観察期間における胸腺腫やMGに関する治療成績は，胸骨切開と比較し同等かそれ以上とする報告が多い^{30)–34)}。これらから，現在VATSはMGに加え，腫瘍径が比較的小さいか，他臓器浸潤のない胸腺腫に対して検討すべき術式の一つと考えられている。

F VATS から RATS へ

ロボットは当初宇宙探査での遠隔利用を目的に National Aeronautics and Space Administration (NASA) で開発が進んだ。その後，戦場で外科医が負傷兵の遠隔治療（手術）を施行できるよう試みられたが，遠距離でのタイムラグが課題として明らかになった。実際の臨床応用は腹腔鏡下胆嚢摘出術に代表

される，鏡視下手術の急速な普及に伴い，ロボット支援による手術が試みられるようになり進んだ。米国では1994年に音声指令により動くイソップ1000，その後，1998年に自由度を増したイソップ3000，2001年にはイソップと遠隔操作を統合したゼウス（Computer Motion社）とロボット開発が進み Food and Drug Administration (FDA) の認可を受け鏡視下手術に用いられた。同時期に Intuitive Surgical社はロボット・アーム軸の自由度を増した da vinciを開発し，この2社は競合開発の時代を経て2003年に合併し，更なる発展を続けている³⁵⁾。

2010年時点で，米国では約1,500台，欧州では約360台の da vinciが導入されており，泌尿器科領域の前立腺全摘術，産婦人科における子宮全摘術が多くを占め³⁶⁾³⁷⁾，消化器外科，呼吸器外科でもRATSが施行されている。

G 本邦における RATS

日本では，ロボット手術は2002年から da vinciを用いて試験的に手術が施行されていたが普及は進まず，2009年11月に薬事承認され医療機器としての使用が認

表1 本邦におけるロボット支援手術症例数(概数)
(2013/6現在; 日本ロボット外科学会ホームページより)

泌尿器科	6,000
産婦人科	400
消化器外科	900
呼吸器外科	230
心臓外科	200
頭頸部外科	10

められるまで、そのスタートは待たねばならなかったが、2012年に泌尿器科領域での前立腺全摘術が保険収載となり、急速な普及の契機となった。2013年6月現在本邦ではda vinciは約120施設で導入され、総症例数は8,000例弱施行されている。その内訳は概数で泌尿器科6,000例と保険収載されている泌尿器科領域が他領域に比較して圧倒的に多いのが現状である(表1)。

以上のような現況から見てとれるように、本邦における呼吸器外科領域のRATSは未だ発展途上である。2013年現在で、呼吸器外科でRATSを施行したことのあるのは13施設のみであり、最も症例数の多い50例前後の施設から、数例施行したのみの施設まで経験値に幅があるとみられている。普及が進まないのは、保険未収載で自費診療となることが大きいと思われるが、VATSに比較し明確な優位性が見えにくいことも要因の一つと思われる。これは、VATS肺葉切除、特にcomplete VATSが普及しはじめた当時にも相通じるものがある。胸腔内は体循環系の血流豊富な血管が多く、低侵襲手術では出血時の対処が困難と考えられ、リスクに見合うだけのベネフィットが得られるのか、あるいは少なくともVATSと同等の根治性が担保されるのかといった懐疑的な声の存在である。また、RATSは完全なモニター下手術であるため、ある程度complete VATSの経験がないと導入がスムーズにいかない。しかし、前述のように主にcomplete

VATSを施行している施設は多くはないのが現状である。

実際にVATSとの相違点・優位性はどこにあるのか?手術創(操作孔)の大きさ、数は施設間で多少異なるが大きな相違はないと思われる(図2C, 図3C)。利点と考えられるのは高精度の3Dがもたらす良好な視野と、狭い手術野で精緻な動きを可能にするロボットアーム(図4A, B)のもたらす良好な操作性にある。腹腔鏡下手術では一般的であるが、縦隔腫瘍のRATSで頻用される二酸化炭素ガス(CO²)による胸腔~縦隔への加圧もさらに良好な術野をもたらす³⁸⁾、出血量の減少にも寄与すると考えられている。

欧米からの報告では、ParkらのNSCLC325例の報告でRATSはMortality, Morbidityも容認しうる結果であった³⁹⁾。さらにMGでは、Sethらの26例の検討⁴⁰⁾で、安全性や寛解率における有用性が示され、Rückertら³⁸⁾のVATSとの後ろ向き比較試験でも同様の結果であった。RATSの機械的、技術的進歩とCO²を用いた加圧により良好な視野が得られることが、VATSに比較し胸腺組織を確実に郭清するという点において有利であると考えられている。

RATSは機器自体もダヴィンチSから、更に改良されたダヴィンチSiの時代になりつつあり、光学的性能や操作性も向上している。呼吸器外科領域ではまだ症例の蓄積を待たねばならないが、当初はなかなか受け入れられなかったVATSが、呼吸器外科医の経験を重ねることでその後隆盛を見たように、RATSには今後の発展の可能性を感じさせる。

III まとめ

呼吸器外科領域の低侵襲手術について概説した。VATSの普及からRATSの登場、患者の術後早期社会復帰を期待する社会的要請もあり、今後エビデンスレベルの高い比較試験の結果が出ることも予想され、当該領域はさらに発展していくと思われる。



図4 ロボット支援手術の様子

A：患者に対しロボットアーム2本とカメラ1本で手術が施行される。

B：ロボット支援手術全景。術者はコンソールボックスでロボットアームを操作する。

*；ロボットアーム，矢印；術者

文 献

- 1) Graham EA, Singer JJ : Landmark article Oct 28, 1933. Successful removal of an entire lung for carcinoma of the bronchus. By Evarts A. Graham and J. J. Singer. JAMA 251 : 257-260, 1984
- 2) Cahan WG, Watson WL, Pool JL : Radical pneumonectomy. J Thorac Surg 22 : 449-473, 1951
- 3) Ginsberg RJ, Rubinstein LV : Randomized trial of lobectomy versus limited resection for T1 N0 non-small cell lung cancer. Lung Cancer Study Group. Ann Thorac Surg 60 : 615-622 ; discussion 622-623, 1995
- 4) Kodama K, Doi O, Higashiyama M, Yokouchi H : Intentional limited resection for selected patients with T1 N0 M0 non-small-cell lung cancer : a single-institution study. J Thorac Cardiovasc Surg 114 : 347-353, 1997
- 5) Okada M, Yoshikawa K, Hatta T, Tsubota N : Is segmentectomy with lymph node assessment an alternative to

- lobectomy for non-small cell lung cancer of 2cm or smaller? *Ann Thorac Surg* 71 : 956-960, 2001 ; discussion 961, 2001
- 6) Koike T, Yamato Y, Yoshiya K, Shimoyama T, Suzuki R : Intentional limited pulmonary resection for peripheral T1 N0 M0 small-sized lung cancer. *J Thorac Cardiovasc Surg* 125 : 924-928, 2003
 - 7) Jacobaeus HC : The Cauterization of Adhesions in Artificial Pneumothorax Treatment of Pulmonary Tuberculosis under Thoracoscopic Control. *Proc R Soc Med* 16 : 45-62, 1923
 - 8) 胸腔鏡手術研究会 (編) : 胸腔鏡手術アトラス. 金原出版, 東京, 1997年
 - 9) 木本誠二 : 都築式改良胸腔鏡並びに胸腔鏡焼灼術式. *医科器械学誌* 129 : 940, 1944
 - 10) Takeno Y : New treatment of spontaneous pneumothorax by liquid glue nebulization under thoracoscopic control. *Bronchopneumologie* 28 : 19-28, 1978
 - 11) Wakabayashi A : Expanded applications of diagnostic and therapeutic thoracoscopy. *J Thorac Cardiovasc Surg* 102 : 721-723, 1991
 - 12) 小泉 潔 (編) : カラーアトラス胸腔鏡下肺癌手術. 南江堂, 東京, 2009年
 - 13) 内視鏡外科手術に関するアンケート調査 —第10回集計結果報告— 10th Nationwide Survey of Endoscopic Surgery in Japan. *日内視鏡外会誌* 15 : 620-630, 2010
 - 14) Lewis RJ : The role of video-assisted thoracic surgery for carcinoma of the lung : wedge resection to lobectomy by simultaneous individual stapling. *Ann Thorac Surg* 56 : 762-768, 1993
 - 15) Yim AP, Wan S, Lee TW, Arifi AA : VATS lobectomy reduces cytokine responses compared with conventional surgery. *Ann Thorac Surg* 70 : 243-247, 2000
 - 16) Craig SR, Leaver HA, Yap PL, Pugh GC, Walker WS : Acute phase responses following minimal access and conventional thoracic surgery. *Eur J Cardiothorac Surg* 20 : 455-463, 2001
 - 17) Leaver HA, Craig SR, Yap PL, Walker WS : Lymphocyte responses following open and minimally invasive thoracic surgery. *Eur J Clin Invest* 30 : 230-238, 2000
 - 18) Whitson BA, D'Cunha J, Andrade RS, Kelly RF, Groth SS, Wu B, Miller JS, Kratzke RA, Maddaus MA : Thoracoscopic versus thoracotomy approaches to lobectomy : differential impairment of cellular immunity. *Ann Thorac Surg* 86 : 1735-1744, 2008
 - 19) Rueth NM, Andrade RS : Is VATS Lobectomy Better : Perioperatively, Biologically and Oncologically? *Ann Thorac Surg* 89 : S2107-S2111, 2010
 - 20) 日本肺癌学会 (編) : 肺癌診療ガイドライン2005年版, 金原出版, 東京
 - 21) McKenna RJ Jr, Wolf RK, Brenner M, Fischel RJ, Wurnig P : Is lobectomy by video-assisted thoracic surgery an adequate cancer operation? *Ann Thorac Surg* 66 : 1903-1908, 1998
 - 22) Kirby TJ, Mack MJ, Landreneau RJ, Rice TW : Lobectomy-video-assisted thoracic surgery versus muscle-sparing thoracotomy. A randomized trial. *J Thorac Cardiovasc Surg* 109 : 997-1002, 1995
 - 23) SugiK, Kaneda Y, Esato K : Video-assisted thoracoscopic lobectomy achieves a satisfactory long-term prognosis in patients with clinical stage IA lung cancer. *World J Surg* 24 : 27-30, 2000
 - 24) Yan TD, Black D, Bannon PG, McCaughan BC : Systematic review and meta-analysis of randomized and nonrandomized trials on safety and efficacy of video-assisted thoracic surgery lobectomy for early-stage non-small-cell lung cancer. *J Clin Oncol* 27 : 2553-2562, 2009
 - 25) Paul S, Altorki NK, Sheng S, Lee PC, Harpole DH, Onaitis MW, Stiles BM, Port JL, D'Amico TA : Thoracoscopic lobectomy is associated with lower morbidity than open lobectomy : a propensity-matched analysis from the STS database. *J Thorac Cardiovasc Surg* 139 : 366-378, 2010
 - 26) Flores RM, Ihekweazu UN, Rizk N, Dycoco J, Bains MS, Downey RJ, Adusumilli P, Finley DJ, Huang J, Rusch VW, Sarkaria I, Park B : Patterns of recurrence and incidence of second primary tumors after lobectomy by means of video-assisted thoracoscopic surgery (VATS) versus thoracotomy for lung cancer. *J Thorac Cardiovasc Surg*

- 141 : 59-64, 2011
- 27) Yamamoto K, Ohsumi A, Kojima F, Imanishi N, Matsuoka K, Ueda M, Miyamoto Y : Long-term survival after video-assisted thoracic surgery lobectomy for primary lung cancer. *Ann Thorac Surg* 89 : 353-359, 2010
 - 28) Villamizar NR, Darrabie MD, Burfeind WR, Petersen RP, Onaitis MW, Toloza E, Harpole DH, D'Amico TA : Thoracoscopic lobectomy is associated with lower morbidity compared with thoracotomy. *J Thorac Cardiovasc Surg* 138 : 419-425, 2009
 - 29) Sakata R, Fujii Y, Kuwano H : Thoracic and cardiovascular surgery in Japan during 2009 : annual report by the Japanese Association for Thoracic Surgery. *Gen Thorac Cardiovasc Surg* 59 : 636-667, 2011
 - 30) Tagawa T, Yamasaki N, Tsuchiya T, Miyazaki T, Morino S, Akamine S, Nagayasu T : Thoracoscopic versus transsternal resection for early stage thymoma : long-term outcomes. *Surg Today* 2014 Jan 21. [Epub ahead of print]
 - 31) Ye B, Tantai JC, Ge XX, Li W, Feng J, Cheng M, Shi JX, Zhao H : Surgical techniques for early-stage thymoma : Video-assisted thoracoscopic thymectomy versus transsternal thymectomy. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2013 Nov 28. [Epub ahead of print]
 - 32) Zahid I, Sharif S, Routledge T, Scarci M : Video-assisted thoracoscopic surgery or transsternal thymectomy in the treatment of myasthenia gravis? *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 12 : 40-46, 2011
 - 33) Pennathur A, Qureshi I, Schuchert MJ, Dhupar R, Ferson PF, Gooding WE, Christie NA, Gilbert S, Shende M, Awais O, Greenberger JS, Landreneau RJ, Luketich JD : Comparison of surgical techniques for early-stage thymoma : feasibility of minimally invasive thymectomy and comparison with open resection. *J Thorac Cardiovasc Surg* 141 : 694-701, 2011
 - 34) Cheng YJ, Kao EL, Chou SH : Videothoracoscopic resection of stage II thymoma : prospective comparison of the results between thoracoscopy and open methods. *Chest* 128 : 3010-3012, 2005
 - 35) 鳥取大学医学部附属病院低侵襲外科センター (編) : ロボット手術マニュアル. メディカルビュー社, 東京, 2012年
 - 36) Market share data on file at Intuitive Surgical.
 - 37) National Cancer Institute. NCI Cancer Bulletin. Tracking the Rise of Robotic Surgery for Prostate Cancer 16 : 4, 2011
 - 38) Rückert JC, Swierzy M, Ismail M : Comparison of robotic and nonrobotic thoracoscopic thymectomy : a cohort study. *J Thorac Cardiovasc Surg* 141 : 673-677, 2011
 - 39) Park BJ, Melfi F, Mussi A, Maisonneuve P, Spaggiari L, Da Silva RK, Veronesi G : Robotic lobectomy for non-small cell lung cancer (NSCLC) : long-term oncologic results. *J Thorac Cardiovasc Surg* 143 : 383-389, 2012
 - 40) Goldstein SD, Yang SC : Assessment of robotic thymectomy using the Myasthenia Gravis Foundation of America Guidelines. *Ann Thorac Surg* 89 : 1080-1085; discussion 1085-1086, 2010

(H 26. 2. 24 受稿)