

内視鏡外科手術における研究と治療の進歩

(1) 胸部外科領域：胸腔鏡下手術

東京女子医科大学医学部外科学（第一）

カンザキ マサト
神崎 正人

（受理 平成23年9月28日）

Up-to-date Information on Research and Treatment in Endoscopic Surgery

(I) Video-assisted Thoracoscopic Surgery

Masato KANZAKI

Department of Surgery I, Tokyo Women's Medical University School of Medicine

Although video-assisted thoracic surgery (VATS) began in around 1990, VATS has recently become video-assisted *thoracoscopic* surgery and has been performed in the surgical treatment of many pleuropulmonary diseases. As many anatomical variations of the pulmonary vessels cause uncontrollable intraoperative bleeding, it is necessary to obtain information on the branching patterns of pulmonary vessels preoperatively. We began using a virtual 3-dimensional pulmonary model on a personal computer in VATS lung resection from July 2001. For preoperative simulation of surgical resection, we used free software application (CTTRY). Using 120 1-mm (formerly 60 2-mm) high-resolution CT (HRCT) images, in DICOM format, we were able to mark the pulmonary arteries, veins, bronchi, and tumor of the HRCT images on images. We obtained 3-dimensional images of the patient by Metasequoia shareware. The reconstructed images can be manipulated by virtual surgical procedures such as reshaping, cutting, and moving, and would be used to an intraoperative navigation as an educational tool. VATS has been gaining popularity in thoracic surgery.

Key Words: video-assisted thoracic surgery, thoracoscopy, video-assisted thoracoscopic surgery, three-dimensional image, CTTRY

はじめに

1990年頃から、自然気胸に対し胸腔鏡下手術が始まり、2008年度の日本胸部外科学会・日本呼吸器外科学会合同登録症例の調査報告では、手術に胸腔鏡を使用した症例は37,733例で、全手術例の61.5%を占めるようになった。さらに、原発性肺癌に対し胸腔鏡下手術および胸腔鏡を併用した手術の割合は、1997年度の7.0%から2008年度には51.9%と著明に増加し、呼吸器外科手術において、胸腔鏡下手術は必須の手技となっている¹⁾²⁾。胸腔鏡導入当初、触知が困難、立体視が出来ない、繊細な手技が出来ない、血管損傷による出血の対処も開胸手術に比べ難しいことから、手技が比較的容易な疾患、自然気胸が適応となっていた。しかし、現在では様々な呼吸器・

胸膜・縦隔疾患に用いられ、手術適応も拡大し、胸腔鏡は呼吸器外科手術で主流となっている^{3)~9)}。

肺癌において、医療技術の進歩に伴い、より小型の肺癌が発見できるようになった。画像処理能力も発展し、CTやMRIから容易に3次元(3D)処理・構築が可能となった^{10)~12)}。実際、脳外科などでは3D処理を応用したナビゲーション手術が行われている¹³⁾。一方、肺癌に対する標準術式は肺葉切除が提唱されていたが、近年、末梢小型肺癌に対し肺葉切除から根治を目的とした肺区域・亜区域切除の有用性が報告され、アプローチ・術式は、胸腔鏡下手術も含め多岐に渡ってきた¹⁴⁾¹⁵⁾。

今回、胸腔鏡下肺切除について概説するとともに、当科における胸腔鏡下手術の変遷・現状について報

告する。

1. 胸腔鏡下手術 (video-assisted thoracoscopic surgery : VATS)

当初, video-assisted thoracic surgery (VATS)で, 胸腔鏡補助手術であった。術野を肉眼で直視し手術を行い, 胸腔鏡を術野の光源として使用する補助的な役割を担っていた¹⁶⁾。

諸外国の胸腔鏡下肺葉切除術や他の領域の内視鏡下手術を考慮すると, VATSは, video-assisted thoracic surgery から video-assisted *thoracoscopic* surgery になっている^{17)~19)}。VATSを大別すると, ①完全胸腔鏡下手術, ②ポートアクセス VATS (3-port VATS)に加え, ③小開胸直視併用の従来の VATS (Hybrid VATS (= video-assisted thoracic surgery))となり, ①は主操作孔として小開胸を加えるが, モニターで得られる画面だけを見て手術を行い, ②は小開胸創を加えず, ポートのみで手術を行う。③は小開胸を加え, モニター画面と直視により手術を行う方法である。ここで述べる VATSは, 「胸腔鏡下すなわちモニター越しに行う手術」で, 当科では, 主として肺部分切除には「②ポートアクセス VATS」で行っているが, 肺亜区域切除以上では「①完全胸腔鏡下手術」で行っている。基本的には, 側臥位 (患側を上側), ジャックナイフ (腰部を支点として, 「く」の字に軽く屈曲した体位) で肋間腔を広げている (Fig. 1A)。ポートアクセス VATSでは標的病変に対して, 四角形の配置; ベースボール型を基本に皮膚切開, トロッカーを挿入する (Fig. 1B)。完全胸腔鏡下手術での皮膚切開は, 前腋窩線前方に, 第4肋間ないし第5肋間に小切開を3cmから5cm加え, 主操作を行う。肺下葉切除・下葉区域・亜区域切除では, 聴診三角上 (第6肋間レベル) に主操作孔を加える場合もある。トロッカーの位置は, 第7肋間中腋窩線上, 第7肋間後腋窩線上にトロッカーを挿入する (= ポート孔) (Fig. 1C)。注意すべき点は, 開胸の際, 壁側胸膜越しに肺を確認し, 肺実質の損傷を避けトロッカーを挿入することである。肺実質損傷を回避するため, はじめに開胸したポート孔より胸腔鏡を挿入し, 胸腔鏡の観察下にトロッカー刺入位置を確認しながら挿入する²⁰⁾。そのため, 症例によってはポート孔の挿入位置を工夫せざるを得ない場合がある。また, 手術操作を円滑にするため, 5.5mmのポートを適宜追加挿入することもある。内視鏡には, 曲がらない硬性鏡と屈曲するフレキシブルタイプがあり, 当科では, 10mm径, 30°

の斜視の硬性鏡を使用している。斜視は内視鏡を回転させることで, 176°の範囲をカバー出来る²¹⁾。また, 最近では硬性鏡でも視野を0°から120°まで可変させることができる硬性鏡もある。モニターは2台, 内視鏡用の手術器械を使用している。

2. 当科における VATS の現状および変遷

1992年より, 胸腔鏡を導入した。導入直後と最近の5年間で各疾患別症例数を示す (Fig. 2)²⁰⁾。胸腔鏡は, 自然気胸に対する肺部分切除に対し導入した。胸腔鏡導入当初, 自然気胸手術において VATS の割合は約23%であったが, 5年後の1996年には約94%を占めるようになり, 最近の5年間では全例 VATS に対応している (Fig. 2A)²²⁾。当科における気胸術後再発率に関しては, VATS 導入以前の開胸術では3%に対し, 導入後は11%と増加していた。しかし, 開胸術後の再発率は2~14%と報告により差があり, VATS 導入当初, 高い再発率が問題視されていたが, 症例の蓄積により, 再発症例は減少傾向である²³⁾²⁴⁾。縦隔腫瘍は, 導入後5年間で約37%であったが, ここ5年間では約69%と胸腔鏡下手術が増加している (Fig. 2B)。なかでも, 重症筋無力症を合併した胸腺腫に対して, 従来の胸骨正中切開により行っていたが, 両胸腔からアプローチし完全鏡視下に胸腺腫と胸腺周囲の脂肪組織を広範に切除する拡大胸腺-胸腺腫摘出術も施行するようになっている (Fig. 3A, B)。肺癌を除く転移性肺腫瘍は, ここ5年間で臓器としては結腸・直腸84例を筆頭に, 腎臓22例, 乳腺15例, 肝胆膵10例の順で多く, 計186例 (重複症例を含む) で, VATS が98%を占めている (Fig. 2C)。当科の術式では, 断端再発が問題視・危惧される部分切除は減少傾向で, 肺葉・区域・亜区域切除が4割を占め, S6, 左上大区, 左舌区, 底区など多施設でも行われている区域切除以外に, S10, S8+S9, S9などの比較的まれな区域切除, S3a, S8a+S9aなど亜区域切除, 多亜区域切除という複雑な術式を行っている²⁵⁾。注目すべきは, 原発性肺癌に対する VATS であり, 胸腔鏡導入5年間でわずか4例であったが, 最近の5年では459例 (約91%) と飛躍的に増加している (Fig. 2D)²¹⁾。術式も部分切除2割, 亜区域・区域・葉切除が8割と大部分を占めている²⁶⁾。原発性肺癌では, 術式の変遷以外に予後も重要となってくる。当科における末梢型病理病期I期肺癌の5年生存率は, 1987~1991年までは約68%であったが, 1992~2010年5月までの当科における末梢型病理病期I期肺癌の5年生存率は約92%と

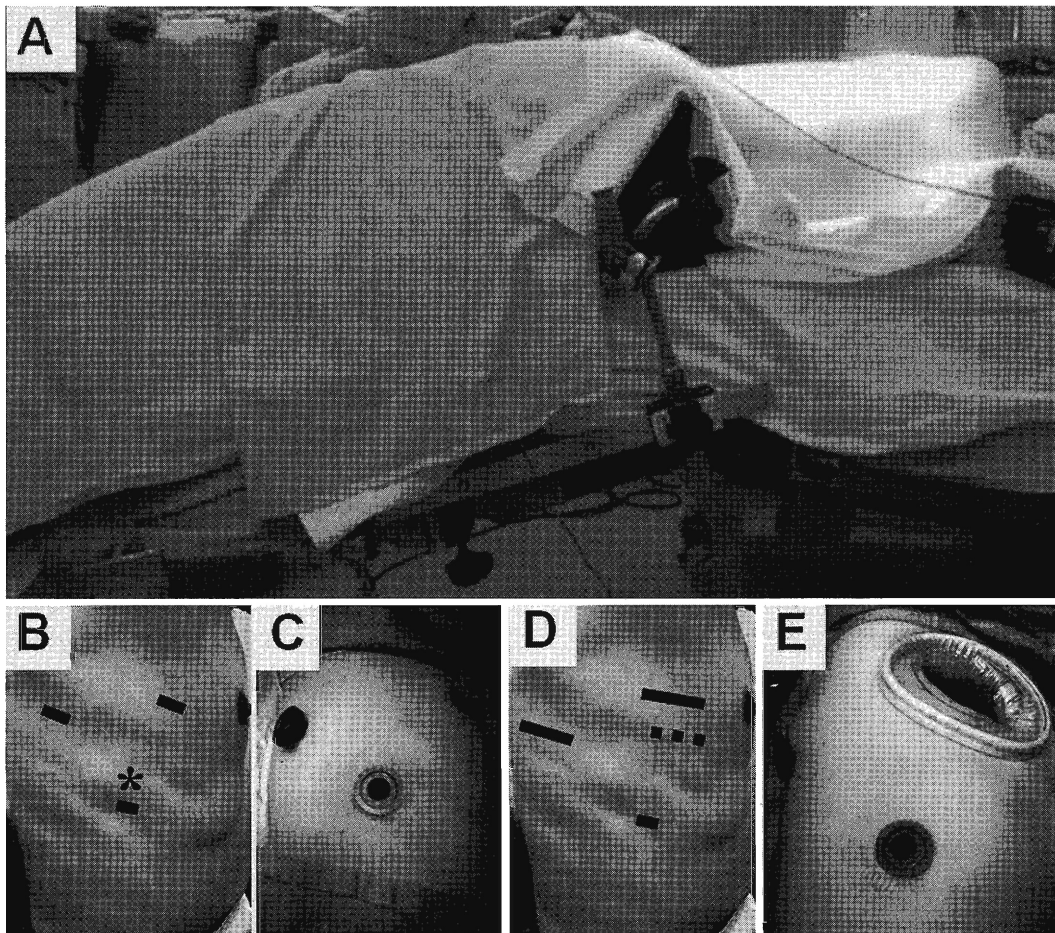


Fig. 1

A: The patient is in full lateral position with thoracic support. The table is broken with a 30-degree jack-knife to widen the intercostal spaces. B: Positions of thoracic ports in port access video-assisted thoracoscopic surgery (VATS). The first port (*), mainly for thoracoscopy, is placed in the sixth or seventh intercostal space on the midaxillary line. A 10.5 mm or 11.5 mm working port is placed in the same intercostal space and a 5.5 mm or a 10.5 mm port is placed in the fourth intercostal space on the anterior axillary line. C: Intraoperative view. D: Positions of thoracic ports in VATS lobectomy. A minithoracotomy is placed over the fourth or fifth intercostal space in the anterolateral chest. Subsequent working ports are placed in the sixth intercostal space on the midaxillary line and under the scapular tip in the sixth intercostal space. E: Intraoperative view.

なっており (Fig. 4), 2004 年肺癌外科切除例の全国集計に関する報告での IA 期肺癌 5 年生存率 86.8% と遜色のない成績である²⁷⁾。

微小な肺病変や限局性のすりガラス陰影を呈する病変に対し、確実に病変を切除するために、CT 下マーキングがある (Fig. 3C)。方法としては、局所麻酔下に CT の画像誘導下に病変部に針を進め、病変近傍に到達したところで、針内におさめられているフック (5mm 程度の細い金属で、糸がついているもの) を挿入、留置する。手術中は金属に付随している糸を目印に手術を進める。マーキングには、上記のフックワイヤー法以外に、インドシアニングリーン

(ICG) などの色素を注入する色素注入法がある²⁸⁾。しかし、近年、手技に伴う空気塞栓が問題視されており、CT 下マーキングの適応は慎重に選択している。

3. 3D 構築画像を用いた VATS

CT は高解像度、多列化となり、画像処理技術の進歩、コンピューターの情報処理能力の向上により、短時間で病変の詳細な診断や周囲の解剖学的把握が可能となった²⁹⁾³⁰⁾。その結果、肺癌は早期小型の肺癌として発見されるようになった。近年、早期小型肺癌に対する術式は、葉切除から区域切除へと変遷しつつあり、根治性を求めた積極的縮小手術が注目さ

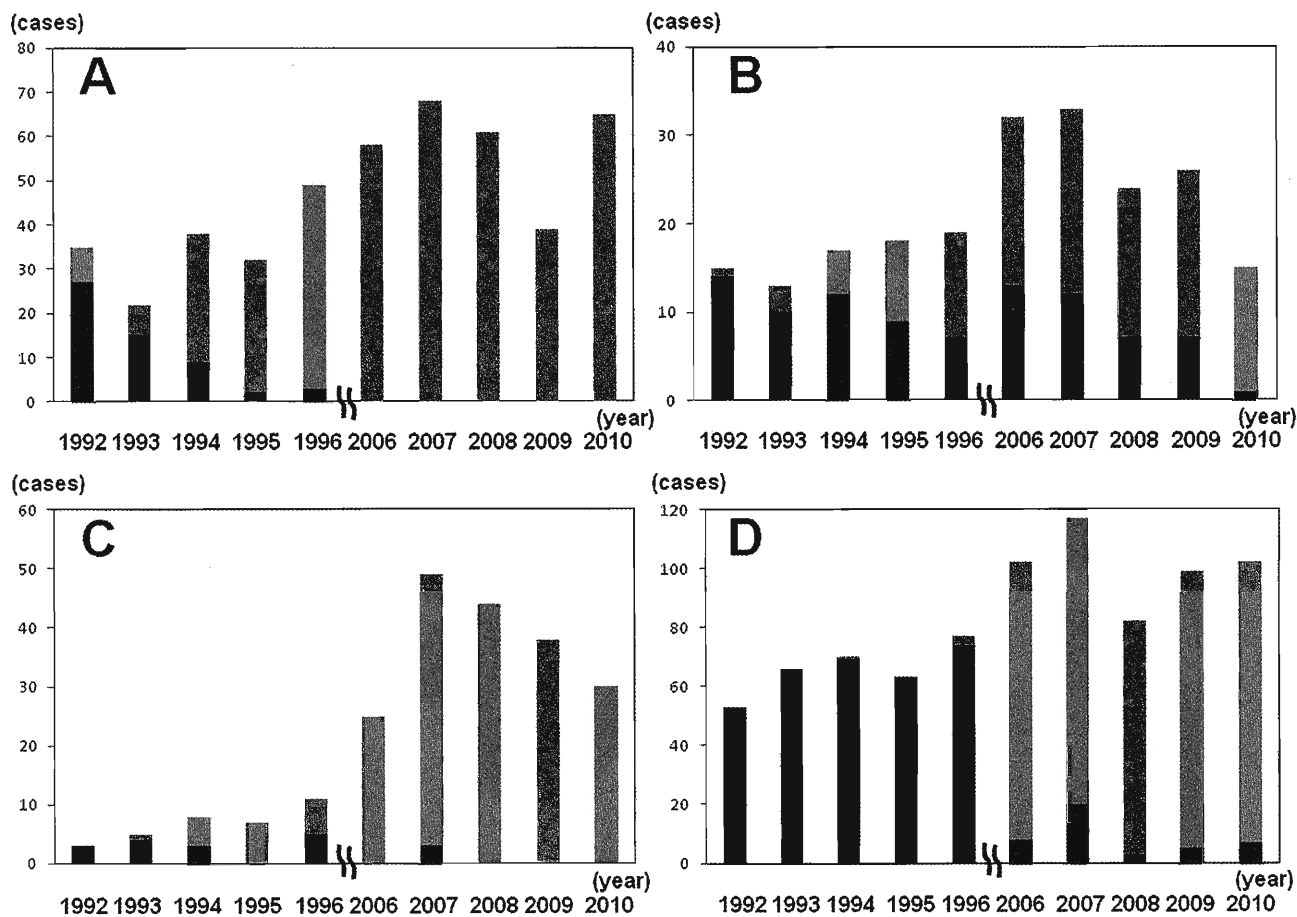


Fig. 2

A: Number of surgically treated cases of pneumothorax. B: Number of resected mediastinal tumors. C: Number of resected metastatic lung tumors. D: Number of resected cases of primary lung cancers.

■ Open thoracotomy. ▨ Video-assisted thoracic/thoroscopic surgery.

れ、日本中の多くの施設で施行されている¹⁴⁾¹⁵⁾。呼吸器外科医にとって、肺門部での肺動静脈の分岐パターンの把握は、術中出血などの合併症を回避し、安全な手術を行うためにも必須条件である。また、区域切除において、肺動脈、肺静脈の過剰切除は肺梗塞様変化、肺うっ血の原因となり (Fig. 3D)、肺動静脈の分岐パターンの把握は重要である。VATSでは、視野の展開に制限があり、開胸手術のごとく、多方向から肺門部を観察し、肺動静脈の分岐パターンを学習・習得する機会がなくなっている。しかし、呼吸器外科医にとって、VATSは必須の手術手技であり、VATSを安全、迅速かつ円滑に遂行するためにも、従来開胸手術で培ってきた血管・気管支の分岐パターンを、別の手段により学習・習得しなければならない。胸部CTから症例ごとの血管・気管支の走行、分岐を同定し、胸部CTから得られた情報をもとに、仮想の手術を組み立てなくてはならない。

現在、術前に血管・気管支の走行・分岐を把握する手段として、CT画像から作製する3Dイメージがある。様々な3D作製ソフトが市販されているが、当科では、独自に開発、運用しているSurface Rendering法により3D構築するCTTRYを使用し、個々の症例のCT画像から腫瘍を含めて肺を3Dで再構築し、視野制限を補填し、安全なVATSに努めている³¹⁾³²⁾。

3D再構築の手順は、術前に胸部単純CT (「VATSプロトコール」と称している。) を肺門から腫瘍まで1mm (以前は2mm) 幅で、高分解能CT (high-resolution CT: HRCT) を最低12cm撮影する。肺門リンパ節腫大症例に限り、造影CTで行う。個々の症例のCT画像をDigital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) データに変換し、パーソナルコンピュータ (以下PC) で3D画像を作製する。(DICOMデータでは、患者情報は完全に消去

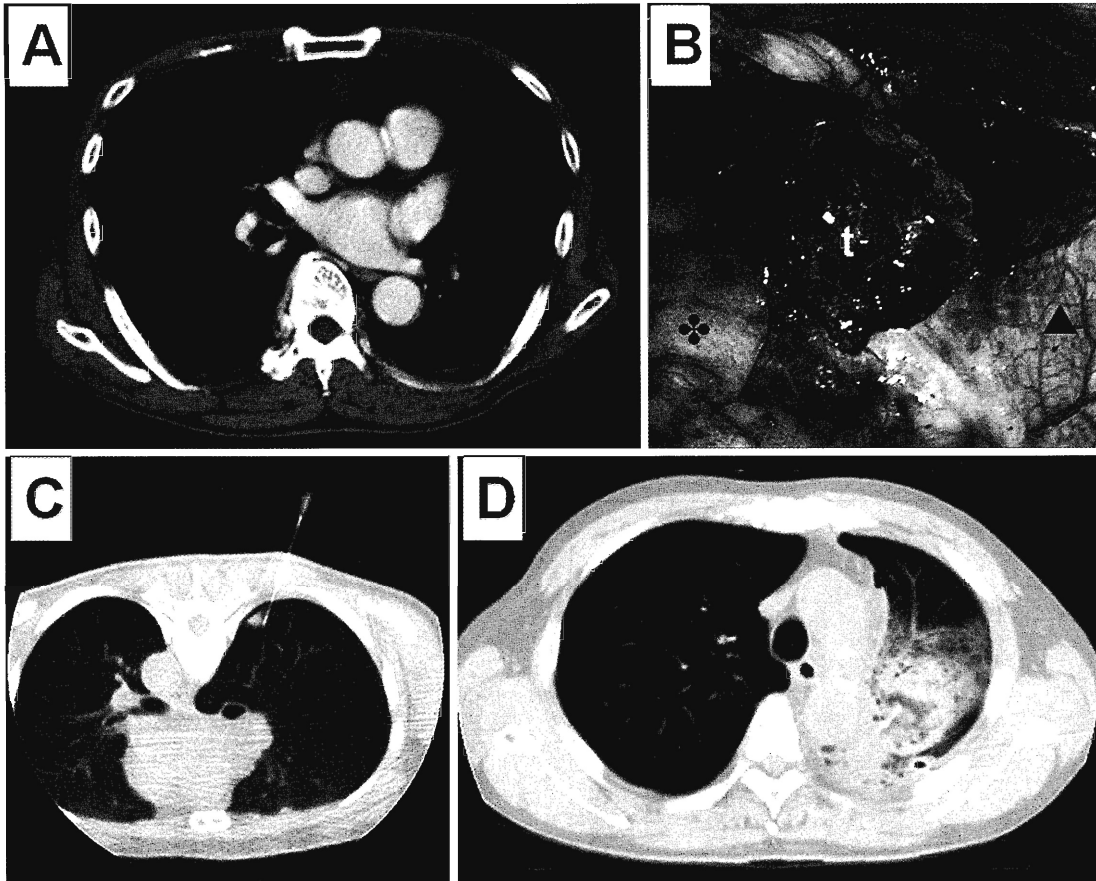


Fig. 3

A: Contrast-enhanced chest computed tomography (CT) shows an anterior mediastinal tumor. B: Intraoperative findings. t, thymus; ✪, right lung; ▲, pericardium. C: CT-guided percutaneous marking for the preoperative localization of small nodule. D: Chest CT after operation shows the atelectatic lingula.

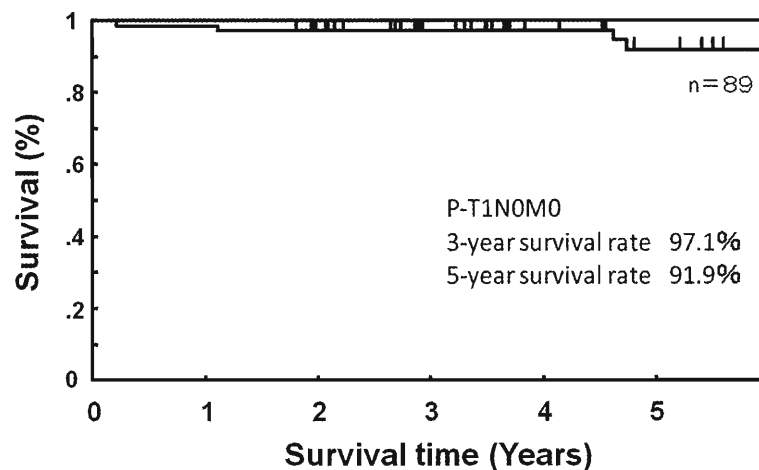


Fig. 4 Postoperative survival of patients with pathologic stage IA.

している。) 3D 画像作製に用いるソフトは、フリーソフトの CTRY とシェアウェアの Metaseqoia である (Fig.5A, B). CTRY により, DICOM データの気管支, 肺血管をトレースし, 完成した気管支,

肺血管, 肺葉, 腫瘍の形を数値データとして Metaseqoia により 3D 画像化する (Fig.5C).

Metaseqoia では, 3D 画像化と同時に着色, 切断, 変形, 接合, 透明化などの 3D ワークス機能を有して

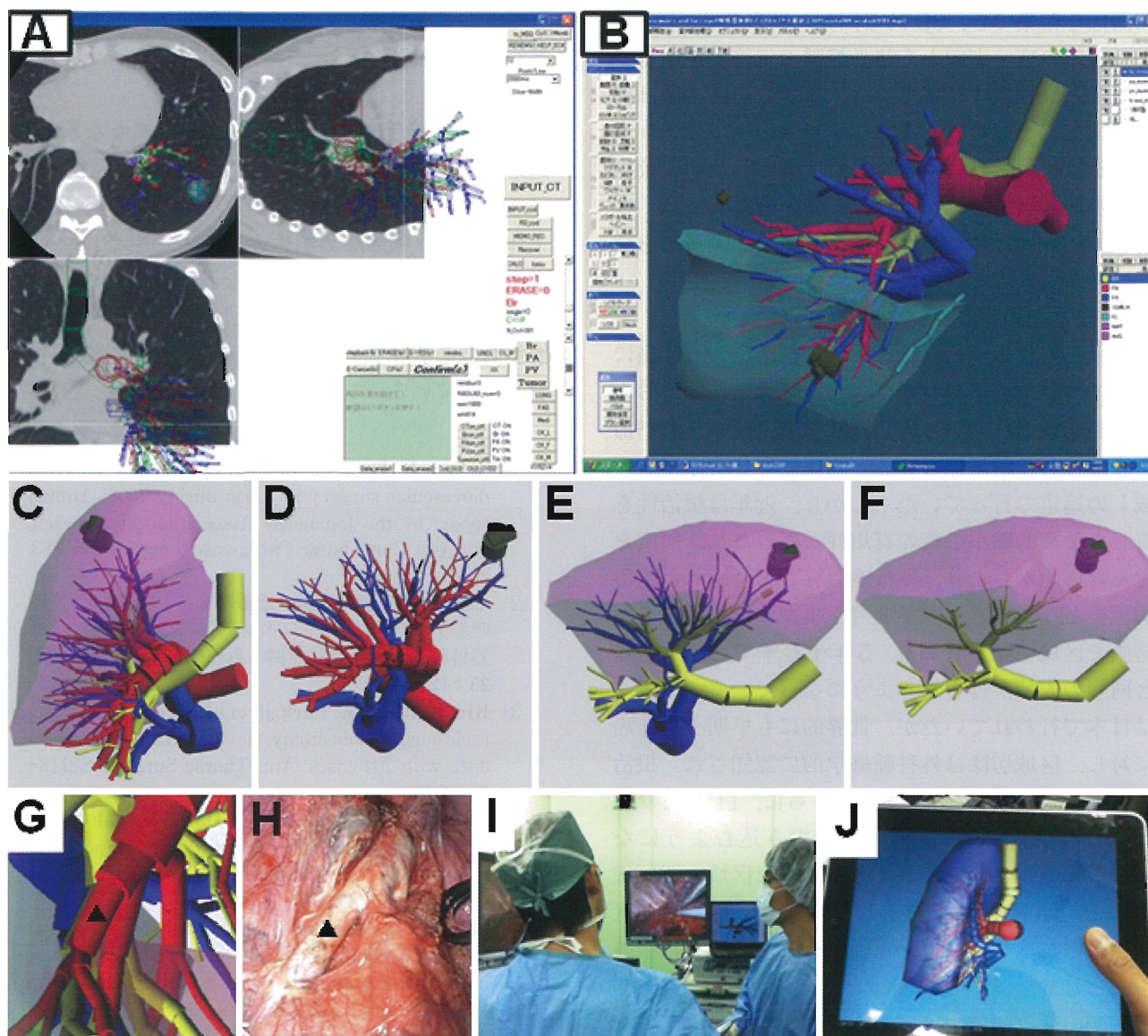


Fig. 5

A: CTRRY images on a PC monitor. B: Metasequoia on a PC monitor. C-F: Three-dimensional (3D) images were reconstructed using Metasequoia. Posterior view (C), Pulmonary artery (Red), Pulmonary vein (PV) (Blue), and tumor (Moss green) (D). Trachea-bronchus (Yellow), PV, lung, and tumor (E), Trachea-bronchus, lung (Pink), and tumor (F). G and H: ▲, Pulmonary artery [A⁸]. Preoperative simulation using a reconstructed 3D image (G). Intraoperative thoracoscopic view is similar to the reconstructed 3D image (H). I: Intraoperative navigation using a reconstructed 3D image. J: Ubiquitous 3-dimensional imaging, utilizing a wireless hand-held device.

いるので、術前に気管支・肺血管の3D関係が明らかになり、3D表示の中で変形、切断、移動、補助面の作製などを行い、切除範囲、手術の手順を明確化でき、術前のシミュレーションが可能となる (Fig. 5D-F)。また、PCで作製しているの、簡単に持ち運べ、作製した3D画像を手術室で閲覧可能であり、術中ナビゲーション的に使用している (Fig. 5G-I)。これらにより、創を小さく出来るだけでなく、呼吸

筋の切断を最小限にし、不必要な範囲の肺切除を回避し、手術時間短縮、手術侵襲・術後疼痛の軽減が実現できている。

また、3D画像作製過程において、常にCTを参照しながら医師が肺血管、気管支を追跡し作製していくことで、CTの読影、肺の局所解剖の教育的側面があり、PCがあれば3D構築画像の学習が可能である。データ容量が軽く手持ちのノートPCでも容易

に画像を編集でき、3D的な回転・変形機能を有し、あらゆる角度・方向から肺動静脈・気管支を確認できることは特筆すべきである。さらに、3D画像は携帯端末でも参照可能であり、このユビキタス3Dイメージは若手外科医、研修医にとって、学習・教育効果がある(Fig. 5J)。実際に、若手外科医では、術前3D画像を駆使することで、手術の経験不足を補うことができている。

4. 現在の問題点と将来の展望

呼吸器外科は、結核に対する外科治療から肺癌に対する外科治療に変わってきた。肺癌肺切除において、根治性を高めるために肺葉切除と縦隔リンパ節を必須とし、耐術能の評価、肺機能を「切除限界領域」の追求で行っていた。しかし、近年は根治性を有した積極的縮小手術の有用性が報告され、病変を含んだ切除からより「肺機能温存」を考慮した根治的手術となってきた¹⁴⁾¹⁵⁾。近年、小型肺癌に対して多施設で区域切除が行われ、5年生存率でも肺葉切除と同等の成績が得られるようになってきている¹⁴⁾²¹⁾。多くは日本で行われていたが、世界的にも早期小型肺癌に対し、区域切除は外科腫瘍学的に認知され、根治的手術の選択肢に加わった¹⁴⁾。さらに、ITにより呼吸器外科手術も3Dイメージを組み込むようになり、従来困難と考えられてきた複雑な区域・亜区域切除を、胸腔鏡下に可能とした³¹⁾。近年、区域・亜区域切除を解剖学的により正確に行うために、術中の工夫として、赤外光胸腔鏡とICGを用いる方法が、肺病変の部位同定や区域切除での切除線の決定に有用との報告もある^{33)~35)}。

胸腔鏡下手術では複数の外科医が、術者を中心に助手も自由自在に手術操作が可能となる。そのために、手術のオリエンテーションが大切である²¹⁾³¹⁾。また、術者がモニター画面を見ながら手術操作を行うために、助手は術者の見たい視野を展開していかなければならない。術前のシミュレーションは、視野展開の制限があるVATSで極めて有用で、3Dイメージを駆使することで血管走行のバリエーションが豊富な呼吸器外科手術では、術前に肺動静脈の分岐を確認することで、血管損傷を回避し、より安全かつ迅速な手術が可能となる³¹⁾。

しかしながら、肺切除では、肺特有の合併症である「肺気漏」の問題があり、術式が複雑になれば、気漏の対応はより重要となる³⁶⁾³⁷⁾。気漏閉鎖に対する現在の手術手技、人工材料は検討余地があり、呼吸性に伸縮する肺に対して、新たな気漏閉鎖のアプ

ローチが必要であり、当科では新規のアプローチが進行中である³⁸⁾³⁹⁾。

おわりに

呼吸器外科手術におけるVATSは様々な疾患に適応され、その手術適応も拡大され、主流となっている。胸腔鏡下すなわちモニター越しに行う手術が主体であり、複数の外科医が、術者を中心に助手も自由自在に手術操作が可能となる。そのために、手術のオリエンテーションが大切で、当科では、3D構築画像を駆使し、個々の症例に応じた適切な手術を心がけている。

文 献

- 1) Sakata R, Fujii Y, Kuwano H: Thoracic and cardiovascular surgery in Japan during 2008: Annual report by the Japanese Association for Thoracic Surgery. *Gen Thorac Cardiovasc Surg* **58**: 356-383, 2010
- 2) 三好新一郎, 門倉光隆, 近藤晴彦ほか: 2008年度呼吸器外科手術統計—日本胸部外科学会・日本呼吸器外科学会合同登録症例の調査報告—。日呼外会誌 **25**: 124-132, 2011
- 3) Kim K, Kim HK, Park JS et al: Video-assisted thoracic surgery lobectomy: single institutional experience with 704 cases. *Ann Thorac Surg* **89**: S2118-S2122, 2010
- 4) Gopaldas RR, Bakaen FG, Dao TK et al: Video-assisted thoracoscopic versus open thoracotomy lobectomy in a cohort of 13,619 patients. *Ann Thorac Surg* **89**: 1563-1570, 2010
- 5) MacDuff A, Arnold A, Harvey J; BTS Pleural Disease Guideline Group: Management of spontaneous pneumothorax: British Thoracic Society Pleural Disease Guideline 2010. *Thorax* **65** (Suppl 2): ii18-ii31, 2010
- 6) Qureshi R, Nugent A, Hayat J et al: Should surgical pleurectomy for spontaneous pneumothorax be always thoracoscopic? *Interact Cardiovasc Thorac Surg* **7**: 569-572, 2008
- 7) Onuki T, Murasugi M, Ikeda T et al: Thoracoscopic surgery for pneumothorax in older patients. *Surg Endosc* **16**: 355-357, 2002
- 8) Cansever L, Kocaturk CI, Cinar HU et al: Benign posterior mediastinal neurogenic tumors: results of a comparative study into video-assisted thoracic surgery and thoracotomy (13 years' experience). *Thorac Cardiovasc Surg* **58**: 473-475, 2010
- 9) D'Andrilli A, Venuta F, Rendina EA: Surgical approaches for invasive tumors of the anterior mediastinum. *Thorac Surg Clin* **20**: 265-284, 2010
- 10) Akiba T, Marushima H, Odaka M et al: Pulmonary vein analysis using three-dimensional computed tomography angiography for thoracic surgery. *Gen Thorac Cardiovasc Surg* **58**: 331-335, 2010
- 11) Oizumi H, Kanauchi N, Kato H et al: Anatomic thoracoscopic pulmonary segmentectomy under 3-

- dimensional multidetector computed tomography simulation: a report of 52 consecutive cases. *J Thorac Cardiovasc Surg* **141**: 678-682, 2011
- 12) **Watanabe S, Arai K, Watanabe T et al**: Use of three-dimensional computed tomographic angiography of pulmonary vessels for lung resections. *Ann Thorac Surg* **75**: 388-392, 2003
 - 13) **Muragaki Y, Iseki H, Maruyama T et al**: Information-guided surgical management of gliomas using low-field-strength intraoperative MRI. *Acta Neurochir Suppl* **109**: 67-72, 2011
 - 14) **Okada M, Koike T, Higashiyama M et al**: Radical sublobar resection for small-sized non-small cell lung cancer: A multicenter study. *J Thorac Cardiovasc Surg* **132**: 769-775, 2006
 - 15) **Sugi K, Kobayashi S, Sudou M et al**: Long-term prognosis of video-assisted limited surgery for early lung cancer. *Eur J Cardiothorac Surg* **37**: 456-460, 2009
 - 16) **Okada M, Sakamoto T, Yuki T et al**: Hybrid surgical approach of video-assisted minithoracotomy for lung cancer: significance of direct visualization on quality of surgery. *Chest* **128**: 2696-2701, 2005
 - 17) **Witte B, Wolf M, Hillebrand H et al**: Complete video-assisted thoracoscopic surgery anatomic segmentectomy for clinical stage I lung carcinoma—technique and feasibility. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2011 May 12. [Epub ahead of print]
 - 18) **Flores RM**: Video-assisted thoracic surgery (VATS) lobectomy: focus on technique. *World J Surg* **34**: 616-620, 2010
 - 19) **Belgers EH, Siebenga J, Bosch AM et al**: Complete video-assisted thoracoscopic surgery lobectomy and its learning curve. A single center study introducing the technique in The Netherlands. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* **10**: 176-180, 2010
 - 20) **大貫恭正, 村杉雅秀, 曾根康之ほか**: 胸腔鏡下手術の現況. *東女医大誌* **70**: 190-193, 2000
 - 21) **Murasugi M, Onuki T, Ikeda T et al**: The role of video-assisted thoracoscopic surgery in the diagnosis of the small peripheral pulmonary nodule. *Surg Endosc* **15**: 734-736, 2001
 - 22) **小山邦広, 大貫恭正, 神崎正人ほか**: 50歳以上の中高年齢者気胸に対する胸腔鏡補助下手術例の検討. *胸部外科* **64**: 275-279, 2011
 - 23) **Sedrakyan A, Van der Meulen J, Lewsey J et al**: Video assisted thoracic surgery for treatment of pneumothorax and lung resections: review of randomized controlled clinical trials. *BMJ* **329**: 1008-1010, 2004
 - 24) **Chan JW, Ko FW, Ng CK et al**: Management and prevention of spontaneous pneumothorax using pleurodesis in Hong Kong. *Int J Tuberc Lung Dis* **15**: 385-390, 2011
 - 25) **吉川拓磨, 神崎正人, 井坂珠子ほか**: 転移性肺腫瘍に対する3Dモデルによる術前simulationと術中navigationを駆使した胸腔鏡下肺区域切除. *日呼外会誌* **24**: 416, 2010
 - 26) **井坂珠子, 神崎正人, 吉川拓磨ほか**: 肺癌術後再発に対する三次元構造を把握した胸腔鏡下亜区域・区域切除術. *胸部外科* **63**: 973-978, 2010
 - 27) **澤端章好, 藤井義敬, 浅村尚生ほか**: 2004年肺癌外科切除例の全国集計に関する報告. *日呼外会誌* **25**: 107-122, 2011
 - 28) **村杉雅秀, 大貫恭正, 神崎正人ほか**: 末梢型肺腫瘍性病変に対する肺生検の検討: 胸腔鏡手術および後側方開胸による. *東女医大誌* **70**: 255-263, 2000
 - 29) **尾辻秀章, 三浦幸子, 甲川佳代子ほか**: 3DCT pulmonary angiographyによる左肺動脈の分析. *臨放* **55**: 134-140, 2010
 - 30) **Fukuhara K, Akashi A, Nakane S et al**: Preoperative assessment of the pulmonary artery by three-dimensional computed tomography before video-assisted thoracic surgery lobectomy. *Eur J Cardiothorac Surg* **34**: 875-877, 2008
 - 31) **大貫恭正, 村杉雅秀, 前昌宏ほか**: パーソナルコンピュータによる肺外科手術シミュレーション. *胸部外科* **58**: 870-874, 2005
 - 32) **和知尚子, 神崎正人, 清水俊榮ほか**: パーソナルコンピュータによる3次元構築で血管を同定した左S3b, c亜区域切除の一例. *日呼外会誌* **23**: 997-1001, 2009
 - 33) **Gotoh M, Yamamoto Y, Igai H et al**: Clinical application of infrared thoracoscopy to detect bullous or emphysematous lesions of the lung. *J Thorac Cardiovasc Surg* **134**: 1498-1501, 2007
 - 34) **張性洙, 三崎伯幸, 中野淳ほか**: インドシアニングリーン(ICG)併用赤外光胸腔鏡(IR-VATS)による肺病変リアルタイム診断の臨床的研究. *日呼外会誌* **22**: 426, 2008
 - 35) **Yamashita S, Tokuishi K, Anami K et al**: Video-assisted thoracoscopic indocyanine green fluorescence imaging system shows sentinel lymph nodes in non-small-cell lung cancer. *J Thorac Cardiovasc Surg* **141**: 141-144, 2011
 - 36) **Wong K, Goldstraw P**: Effect of fibrin glue in the reduction of postthoracotomy alveolar air leak. *Ann Thorac Surg* **64**: 979-981, 1997
 - 37) **Fujie T, Matsutani N, Kinoshita M et al**: Adhesive, flexible, and robust polysaccharide nanosheets integrated for tissue-defect repair. *Adv Funct Mater* **19**: 2560-2568, 2009
 - 38) **Kanzaki M, Yamato M, Yang J et al**: Dynamic sealing of lung air leaks by the transplantation of tissue engineered cell sheets. *Biomaterials* **28**: 4294-4302, 2007
 - 39) **神崎正人, 大貫恭正, 大和雅之ほか**: 培養線維芽細胞シート移植による新規気漏閉鎖術. *東女医大誌* **76**: 184-189, 2006