

<特集「各科領域における低侵襲・機能温存手術の現状と今後の展望」>

呼吸器外科領域での低侵襲医療と医用工学の進歩

島 田 順 一

京都府立医科大学大学院医学研究科心臓血管・呼吸器外科学*

Minimum invasive surgery and advances in medical engineering in general thoracic surgery

Junichi Shimada

*Department of Cardiovascular and Thoracic Surgery,
Kyoto Prefectural University of Medicine Graduate School of Medical Science*

抄 録

呼吸器外科領域では、手技の低侵襲性の観点から、胸腔鏡をもちいた手術は様々な分野で使用される場面がふえている。自然気胸に対するブラ切除術や肺腫瘍に対する肺部分切除術、肺癌に対しての肺葉切除術とリンパ節郭清術、さらには、縦隔腫瘍や重症筋無力症に対する拡大胸腺摘出術にいたるまで応用されている。術前CTで腫瘍最大径1センチ以下の微小肺癌に対する積極的縮小手術の検討の報告によると、肺癌に対する区域切除術には明確な優位性はなく、基本的には標準術式を第1選択とすべきであるとされている。内視鏡での観察をするためのCCDカメラの画質向上やモニターの高機能化により、より鮮明な手術野の画像を認識しつつ手術できる時代となっている。超音波凝固切開装置 ハーモニック®(エチコン)のセラミック振動子の性能向上に伴い、大きな進歩がもたらされつつある。これは直径5ミリの動脈の切開・凝固もできるとされており、今後、従来の結紮止血やクリップ止血に、とってかわるだろう。治療技術として患者にとって最良の結果を得られるように、今後も医療機器、手術手技ともに進歩し、胸腔鏡手術は、より安全なものとなるだろう。

キーワード：胸腔鏡，肺癌，手術。

Abstract

From the viewpoint of a minimum invasiveness, thoracoscopic surgery is applied for many kinds of operations, such as lung partial resections, lobectomy, mediastinum tumors and the extended thymectomy for myasthenia gravis. In the report of induction for limited surgery on small lung cancer tumors measuring 1 cm or less in diameter on preoperative computed tomography and long-term results, the segmentectomy for lung cancer has no significance in the 5-year survival and recurrence-free survival rates. You can observe the image of a clearer surgical field with the endoscope by the image quality improvement of CCD camera. The enormous progress is being brought along with the performance improvement of the ceramic resonator of ultrasonically activated device. This device can make the incision and coagulation of the artery of 5mm in the diameter, and it will take the place of the ligation with

sutures and clips in the hemostasis techniques. We must continuously incorporate new medical engineering progress and new surgical procedures into our skill, and thoracoscopic surgery will become safer.

Key Word; Thoracoscopic surgery, Lung cancer, Medical engineering.

胸腔鏡手術の歴史

光学内視鏡器具の最初の光源は「蠟燭」であり、1806年にドイツの Phillip Bozzini により開発された。臨床応用可能な胸腔鏡の導入は、19世紀初めにドレスデンの Georg Kelling が Coeliscopy と名付けて膀胱鏡による胸腔と腹腔の観察を犬の動物実験で行ったのが始まりである。臨床の現場では1910年にスウェーデンの Jacobeus が Cystoscopy (膀胱鏡) を用いて、結核による胸膜癒着の診断を行ったのが、胸部疾患に対する胸腔鏡手術の始まりであった。その後、Kremer, Graf, Kalk らにより、機器の改良がなされ、胸腔鏡による胸膜焼灼術が確立した。1950年代には Heine, Geraci らにより胸膜炎の診断、肺生検による肺癌の診断に用いられた。しかし、1960年代は抗結核薬の出現による肺結核治療の変遷により人工気胸術が衰退し、治療手段としての胸腔鏡は行われなくなった。1970年代に、武野がフレキシブル胸腔鏡を開発し、1973年に自然気胸の治療に用いて以来、再び胸腔鏡が治療手段として用いられることになったが、自然気胸の治療、肺生検、癌性胸膜炎や結核性胸膜炎の診断や胸腔内血腫除去や膿胸の治療などに限られた施設で利用されていたにすぎなかった。その後、1980年代になって、内視鏡とビデオ光学機器が飛躍的に進歩し、胸腔鏡手術機器と器具の開発が進み現在に至っている。

胸腔鏡下手術 (video-assisted thoracic surgery; VATS) の現状

呼吸器外科領域では、手技の低侵襲性の観点から、胸腔鏡をもちいた手術は様々な分野で使用される場面がふえている。自然気胸に対するブラ切除術や肺腫瘍に対する肺部分切除術、肺

癌に対しての肺葉切除術とリンパ節郭清術、さらには、縦隔腫瘍や重症筋無力症に対する拡大胸腺摘出術にいたるまで、様々な工夫をこらして、患者への手技の侵襲を低減しようとの試みが行われてきている。

呼吸器外科領域の内視鏡下手術について、日本内視鏡学会のアンケート調査によると、(日鏡外会誌 第11巻5号, 2006年10月)¹⁾呼吸器領域での内視鏡下手術の増加傾向が見て取れる。肺疾患に対する内視鏡下手術について、1990年から2005年12月31日までの総手術件数は、78993例であり、良性疾患49634例、悪性疾患29359例である。縦隔疾患に対する内視鏡下手術については、5478例であった。2005年度は肺癌で3676例の VATS 手術報告があり、年間20000例の肺癌手術が施行されていると推定されていることから、このうち約2割の症例が VATS で手術されていると考えられる (Fig. 1, 2)。

一方、英国データでは、2000~2002年間、主要40施設で、3879例の肺葉切除術が行われたが、VATSは123例(3%)であったと報告されている²⁾。米国の Onaitis らは、肺癌に対して16%に VATS 手術を行ったと報告している³⁾。ほかに知り得た限りでは、2006年の米国の VATS 症例数は、部分切除術 合計63996例中、開胸手術35198例に対して VATS 28798例、肺癌に対する肺葉切除術31918例中、開胸手術27130例に対して、VATS 4788例(15%)であり、日本よりもその実施比率は小さい。

VATS lobectomyと開胸下肺葉切除術の比較

「胸腔鏡手術は approach の一つに過ぎないが、現在、胸腔鏡手術は患者にとって利点の多い手術法として注目され上述のごとく普及しつ

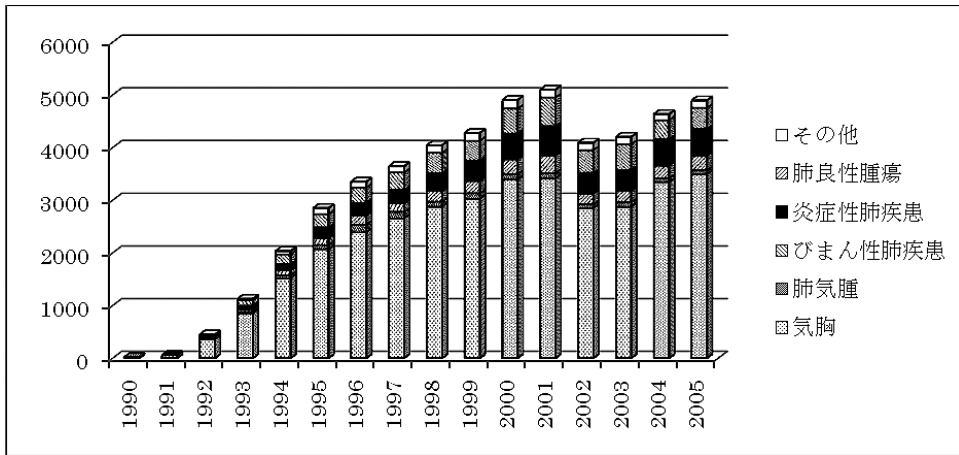


Fig. 1. 胸腔鏡手術数とその対応疾患

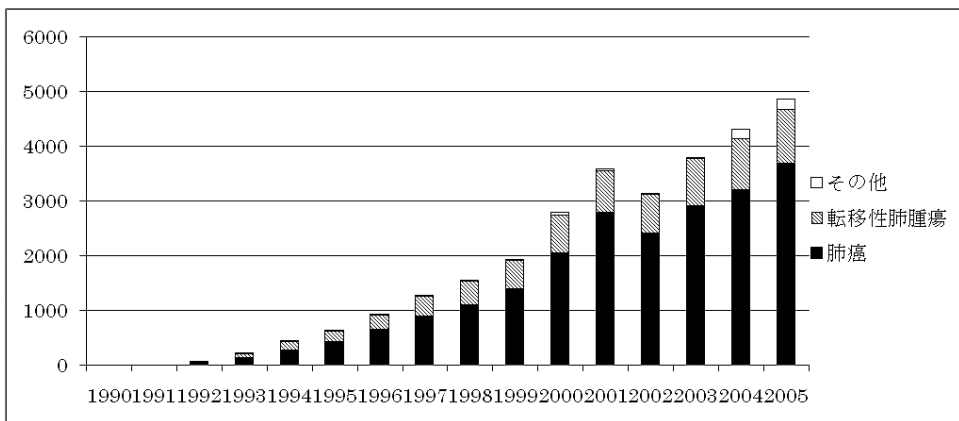


Fig. 2. 悪性疾患に対する VATS 手術数

つある。」と成毛は、記述している⁴⁾。当初は胸腔内を観察する approach の一方法であったはずが、低侵襲手術のコンセプトの時流にのって急速に普及したものの、患者にとっての利点を明確に示すことがないままに進んでしまったと考えている。開胸手術と VATS を比較したランダム化試験は 3 編の報告がある。第 1 は 1995 年の Kirby らによる、多施設共同試験の結果である。開胸手術と VATS を比較した結果、術後合併症は VATS が少ないという結果を得たものの、その他、有意差を認めなかったと報告されている⁵⁾。第 2 に、Sugi らは、VATS の予後

に着目した解析を行い、VATS lobectomy を施行した stage I 肺癌における 5 年生存率は 90% で開胸手術の 85% より良かったが、有意差は認めなかったとしている。解析症例数が少なく、これをもって、approach の違いが、肺癌の腫瘍としての本質に影響をあたえ、結果として生存率に寄与しているかどうかを論じるためには、もっと大規模な試験が必要とされる⁶⁾。第 3 には、Craig らは、VATS lobectomy の生体への侵襲の程度が小さいことにより、急性期の生体反応が少なく、結果として免疫機能が温存されて患者さんに有利なのではないかとする仮説を検

証している。CRP, IL-6, TNF, P-selectin等の術前後での変化を比較して、CRPとIL-6の変化がVATS群で有意に少なかったと報告している⁷⁾が、これとでも、手術後の急性期のCRPとIL-6の変化の差自体が、5年生存率の向上に寄与すると結びつけるには飛躍があると考ええる。

以上から、現時点では、VATS lobectomyが癌治療のひとつの目標である生存率の向上に結びつくとのエビデンスはないと考えている⁸⁾。

しかしながら、実地臨床の面では、創部が小さいことや肋骨切除が必要でないことにより、肋間神経損傷がすくなく、美容面や創部痛の減少、周術期の呼吸機能が良好であることに利点があるように感じている。

肺癌に対する肺葉切除術と区域切除術

胸腔鏡手術と開胸手術の低侵襲性の比較では、手術の主座となる肺葉切除術とリンパ節郭清の手術操作をする視野展開に対して、どうアプローチするのかという、「手術への入り口」の侵襲性を小さくして、「侵襲」を少なくし患者さんの健康に寄与できるかが重要であった。時を経て、内視鏡手術が、いわゆる完全胸腔鏡下および胸腔鏡補助下などの概念もふくめてひろく普及してくると、つぎなる低侵襲のスタンダードの探求がはじまっている。その流れは、肺癌に対する区域切除手術とリンパ節郭清の手技の適応を探る試みである。もとより、肺癌に罹患する患者は高齢化しており、心臓血管系合併症および喫煙の影響での低肺機能などのために、定型的な肺葉切除術やリンパ節郭清を行うことが厳しいと予測されることも多かった。このような場合には、患者に病状を説明し、同意を得て部分切除術や区域切除術で対応し、現状で標準手術とされる肺葉切除術+リンパ節郭清術を差し控えることもあった。つまり、消極的縮小手術の考え方である。

これに対して、ここ数年の肺癌への区域切除術は、画像診断により、より末梢性病変を診断できるようになったこと、肺の区域間を解剖学的に温存する形で切離することで肺の切除量をより減少させ肺機能をなるべく温存したいとい

う考えで始まっている。日本と欧米でのCTを用いた肺癌検診における評価の違いから、日本ではCTを用いた検診が普及した結果、2センチ以下の肺癌、とくに野口分類でA、Bと分類される非浸潤型の肺癌診断症例が増加してきている。このような背景もあり、日本で小さな肺癌に対して区域切除術を行う動機になっている⁹⁾。

区域間の同定と切離は、手術器具の進化もあり、手技としては成熟した技術になろうとしている。さらに、2009年3月現在、区域切除術と肺葉切除術での5年生存率を大規模に臨床検討しようという試みが進んでいる。

それに先立つ形で、そのトライアルの認容性についての報告が散見されている。38例中で、遠隔転移例が4例であるが、末梢性のIA期肺癌に対して、区域切除術と系統的リンパ節郭清を行った症例での5年生存率は89.9%で、肺葉切除術とリンパ節郭清をおこなった症例の93.3%と比較すると、「reasonable treatment option」といえると論じている報告¹⁰⁾があるが、癌の根治性の指標を5年生存率とすると、結果として「3.4%低いだけなので、reasonableである」といえるのかなと思う。後の時代になって、手術手技の結果が有用であるというには、既存の手技手法より優れているとの結論がでることが望まれる。

また、別の報告では術前CTで腫瘍最大径1センチ以下の微小肺癌に対する縮小手術の検討の報告によると、術後病理病期がstage IB以上の割合が8%になったことから、微小肺癌すべてを縮小手術の適応とはできず、非浸潤癌と診断された症例は積極的縮小手術の適応としてもよく、浸潤癌の場合は、標準術式である肺葉切除術を第1選択とすべきであると結論づけている¹¹⁾。

患者にとっては、やはり「癌の根治」が、一番の目標であり、局所治療の外科医療の質の要であり、縮小手術については、手技の現状を患者に説明し、十分に納得の上で慎重に適応すべきと考えている。

VATS lobectomy の安全性

近年、本邦で泌尿器科領域での死亡に至った事故が社会的に大きく取り上げられ内視鏡手術が社会問題になった。低侵襲であり早期術後状態からの回復が期待できるといっても、医療行為としての安全性の評価が最重要視されていることにいささかも変わりはない¹²⁾。

1. VATS と術死

日本内視鏡学会誌の報告によると、2004、2005年の2年間で9例の手術中の死亡例の報告があり、その内訳は、肺癌症例が7例、前縦隔腫瘍症例が1例、自然気胸症例が1例であった。この期間の肺癌のVATS症例数が6869例であり、肺癌の手術のみに注目すると、0.1%の死亡率となる。これに先立つ1990年から2003年までの14年間の回答をみてみると、12例の死亡例の報告があり肺癌9例、胸腺癌1例、自然気胸1例であった。この14年間の肺癌のVATS手術は14939例であり、死亡率は、0.06%であった。原発性肺癌VATS手術の対象となるのは、予後の良い末梢肺野型I期の肺癌が70%近くを占めていることから、手術死亡例は問題である。ところで胸腔鏡手術の術中の偶発症として、深刻で恐ろしいものは、なんといっても血管損傷である。アンケート結果では、開胸に移行した症例で、もっとも多い損傷部位は、肺動脈274例、次に肺静脈52例、肋間動脈48例であった (Fig.3)。

しかも、血管損傷の原因の第一位は、「手技に問題があった」：192、つぎに「視野が不十分であった」：133と、続き、報告総数427のうち、術者側の問題が報告数の76%、4分の3を占めている (Fig.4)。この上位2つは、複合的に起こりえることではあるが、視野が不十分であったのなら、重大な事態に至る前に、「手術力量に応じて十分な視野を確保する」ことを大前提として、手術をすすめていけば、と悔やまれる。いいかえれば内視鏡手術として手術を開始されたばかりに、その原則がおろそかになるようであれば、大変恐ろしいことであると思う。2005年度までに総計16例のVATS肺癌の死亡例のう

損傷部位	症例数
肺動脈	274
肺静脈	52
肋間動脈	48
上大静脈	11
大動脈	7
内胸動静脈	5
その他	45
計	442

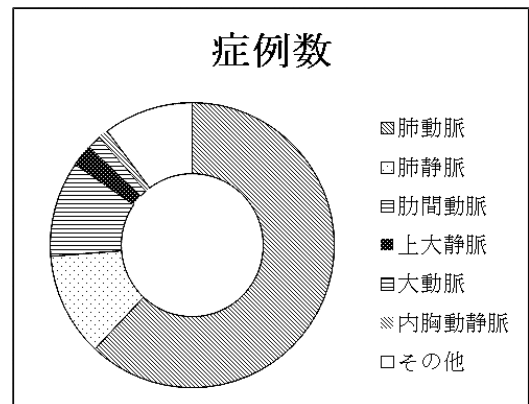


Fig. 3. 胸腔鏡手術中の血管損傷部位

ち、開胸手術で手術していたら、術中偶発症があっても、即時に適切な対応がとれて結果的に救命し得た事例はなかっただろうかと思うと、アンケート調査のVATS術死事例については、詳細な検討が望まれる。

内視鏡手術の時代の外科医教育について

今後、胸腔鏡を取り巻く医療機器の進歩は、他の内視鏡手術の技術の進化とも相まって進ん

損傷の原因	症例数
手技に問題があった	192
視野が不十分	133
ステープラーのミスファイヤー	36
エンドクリップのミスファイヤー	6
その他	60
計	427

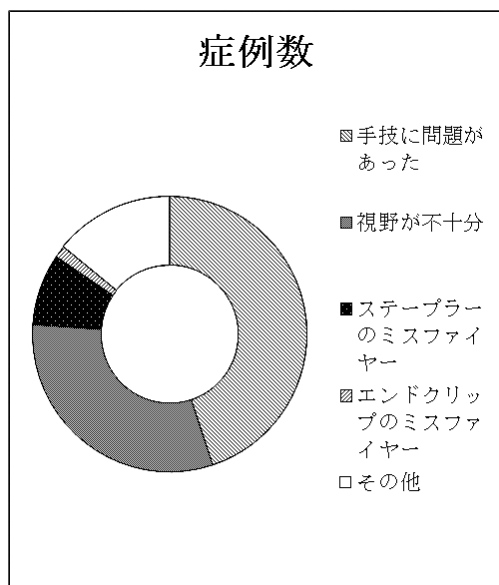


Fig. 4. 血管損傷に至った原因

でいくであろう。それに伴って、手術教育システム、その中のいちづけとしての内視鏡手術教育システムが肝要となる¹³⁾。内視鏡手術ではモニターを通じての視覚認識であり、直視であれば通常3次元の認識が2次元の画像認識になるので画像工学上も情報量は落ちている。このようなモニター視による視覚認識になれて、胸腔鏡手術をしていて、0.1%の確率で大きな偶発的的事象がおこった場合に、的確に対処できるためのトレーニングを、現在の日常の医療の中の

どの場面で指導できるのか、と考え込んでしまう。日頃より大きなトラブルなく、手術が進んでいることが大半であり、ことさらに肺動脈の損傷を経験する場面はすくないのではないだろうか。小職の時代の外科医は、多くの分野の手術を経験してきた人も多い。修練医時代や京都府立与謝の海病院時代の血管外科の臨床経験や外科手術のなかでの出血と止血の経験が脳裏にあり、今となっては、これが大きな支えになっている。一般的な自然気胸のブラ切除のように入門的に胸腔鏡手術としてなじめる手技はともかくとして、1000回に1回の、0.1%の術中予測できない大出血などの致命的な偶発症に果敢に対応できるためには、手術前の画像診断を詳細に読み込み、常に手術に細かな配慮を欠かさず、常に次はどうなるかを予見しつつ、協調しつつ手術を進める慎重さを基礎素養としてもつ外科医であることが重要であるとおもう。胸腔鏡手術では、状況によって開胸して対応すべき状況もあるわけだが、大出血時の短時間での即応には胆識が必要であろう。医師全体で捉えると、2009年現在、外科医になりたいという医学生が日本全国でみると減少している。呼吸器外科医も、現状で呼吸器外科専門医になることが人気化して、人員がどんどん増える状況にはない。2009年春には、卒後3年目で呼吸器外科医を目指す医師は全国で40数名ほどと予想する向きもある。手術教育システムと前述したが、教育する対象が、「疎ら」であれば、数名の呼吸器外科部局の中で教育する「システム」としては、やはり個人と向き合い教えていくことしか実際はないように思っている。開胸手術の経験が少ない時代ではあるが、不測の事態に備え対応できる手術トレーニングを確立する方向を見いだしたい。

これからの胸腔鏡手術の現状と展望 縦隔疾患手術への内視鏡の応用

縦隔腫瘍のなかでも、周囲への浸潤のない限局性の腫瘍や嚢胞の摘出術、さらに生検といった組織採取目的の手術において、胸腔鏡手術はきわめて有用な手段となる。旧来の正中切開に

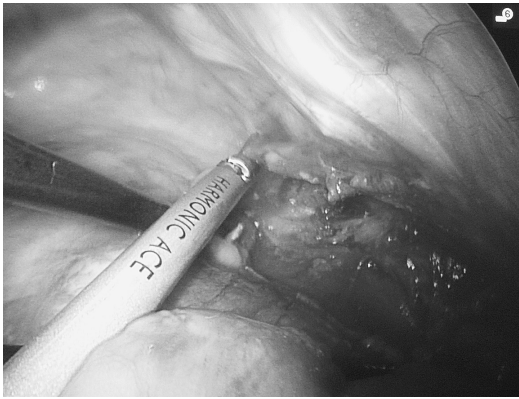


Fig. 5. 胸腔鏡手術による縦隔腫瘍摘出術

くらべて、アプローチの自由度も高く、胸腔鏡手術で摘出できる大きさであれば、胸腔鏡手術が適応されることが多い (Fig. 5)。

重症筋無力症に対する拡大胸腺摘出術は、正岡分類と共に、本邦を中心に確立されてきた手術術式であるが、近年の内視鏡外科手術の発達により胸腔鏡下手術で行うことが試みられてきている。従来の拡大胸腺摘出術は、胸骨正中切開をおこない、開胸して手術を施行していた。胸骨正中切開法は、視野がしっかりとれる点で手術操作において、かなり有利性であるものの、手術創が胸の真ん中に残るため、整容性が悪いこと、また、創部が大きく術後創部痛が残ること、縦隔洞炎などの術後に感染症が起こった場合には、重篤な感染症になることなどの欠点、問題点もある。一方、内視鏡下縦隔手術は、この胸骨を切らずに小さな切開創のみで内視鏡下に手術をする方法として、提案されてきている。胸部に数カ所の傷と左右から胸腔鏡を使用する方法や胸骨の上下に傷をもうけて特殊な機械（ラパロファン）で挙上し手術を行う、胸骨挙上式縦隔鏡補助下拡大胸腺摘出術がある。たしかに、胸骨を正中切開しないことで、低侵襲であることは確かだが、無名静脈から甲状腺に至る部分の摘出の確実性の問題や、無名静脈と胸腺静脈の処理の部分で、超音波凝固切開装置で手術をすすめる際に血管損傷が起きて結果として、正中切開にいたった事例をきく。現在、本学では年間数例の拡大胸腺摘出術に対

して、手術の確実性、安全性に加え若手外科医教育に鑑みて、定型的な正中切開術での手術を教育する立場ですすめている。

胸腔鏡手術を支える手術機械の変遷 「見る」の進化

胸腔鏡をとりまく機材も年々進歩してきている。特に、内視鏡観察をするための CCD カメラの画素数向上による画質向上やモニターの高機能化により、より鮮明な手術野の画像を認識しつつ手術できる時代となっている。当科では、2006年11月より、臨床研究の一環として、65インチのハイビジョンフルスペック液晶モニターを手術室（1番）に2台装備した。これによりメインのモニターを“LOOK”するのに対して、サブ画面として、壁面の大画面モニターを“SEE”の感覚で、CCDカメラの方で拡大しなくても大きく手術野の注視部位を把握できるようになった。外科医のみならず、麻酔科医、看護師も手術の進行状況を同じ手術室にいる者は、みな等しく手術の画像情報を共有でき、手術の道具だしなどのタイミングの面でも有用さを実感している (Fig. 6)。

胸腔鏡自身の進化は、内視鏡のさらなる小型化やビデオスコープが1992年に内視鏡手術機器の世界に登場してきたことに表れている¹⁰⁾。とくに、その中核技術となる高性能な CCD などの撮像素子の開発により5mmよりも細いビデオスコープの実現が可能になった。内視鏡画



Fig. 6. 65インチハイビジョンモニターを用いた胸腔鏡手術の風景（大学1番手術室）

像の高画質化は、ビデオスコープでは限られた内視鏡先端部分のスペースの CCD を 3CCD に変更して、画質向上を目指している。一方、硬性鏡+CCD カメラ方式では、手元の CCD カメラ部分の大きさが確保できているので、使用される CCD が 3CCD へ、インターレス方式からプログレッシブ方式へ、さらに 2007 年には、16:9 のハイビジョン対応 3CCD へと、解像度、色再現性はめざましく向上してきている。とはいうものの、民生用のデジタルカメラで画総数が 1200 万画素の商品が低価格で製品化され、携帯電話のカメラの画素数も 800 万画素になってきている昨今、普通の内視鏡の CCD は 30 万画素で程度の画素数であり、ハイビジョン画像といっても 130 万画素であり、2 世代から 3 世代前の CCD が、ようやく医療分野にたどりついているにすぎない。民生用のコンパクトデジタルカメラの機構をそのまま医療に取り込めれば、画質は一気に向上すると考えられ、すぐにも改善できる余地は大きい。

また、光学ズーム機能や内視鏡先端の湾曲などの高機能化も進んできた。さらに、観察に使用する光を狭帯域波長、蛍光、赤外観察など、通常の白色光以外での観察による組織深部の血管や神経の可視化や正常部位と異常部位の識別などによる手術の安全性、確実性の向上をめざすデジタル光源の医療照明装置も登場しつつある。デジタル光源としての LED の医療応用については、2000 年に世界で初めて手術応用が行われて以来¹⁵⁾¹⁶⁾、赤色領域の発色の研究改良で、カプセル内視鏡の光源や手術装置への展開がすすみつつあるところであり、新しい光質の制御は、あたらしいモニターの発色制御、ひいては内視鏡手術の画面の視覚情報の向上をつうじて、内視鏡手術の安全性向上に寄与できるものと期待される¹⁷⁾。

切り離す技術の進歩

胸腔鏡の手術においては、手術創部の縫合と切り離を同時に行える自動縫合器(ステープラー)は重要な医療器械である。Petz は 1924 年にハンガリーで発売され、1964 年に旧式のステープ

ラー(1針ずつ込めるタイプ)が日本で発売になったが、胃下垂全摘術のときに臨床使用されていた。1983 年になって GIA90P・50P(カートリッジ式)、1987 年 3 月にはリニアカッター 50 mm が発売になり、主に消化器外科領域で使用された。一方、胸腔鏡用の ENDOSTAPLER の登場は、J&J については、1993 年 4 月 ELC60、1996 年 12 月に先端の曲がるフレックスタイプの 35 ミリ、2000 年 2 月 45 ミリの曲がりタイプが市販され現在に至っている。TYCO 社については、1993 年 9 月マルチファイヤーエンド GIA60(ガス式のステープラー)に始まり、1995 年 11 月に血管用 ENDOGIA、2000 年 3 月に限られた胸腔内でより思った方向にステープラーを曲げて使用するために、ENDOGIA Rociculator(曲がりタイプ)が発売された。

肺実質の切離のみならず、肺葉切除術の時の肺動脈、肺静脈の血管の切離に ENDOSTAPLER を用いたのはマルチファイヤーエンド TA30 が 1994 年 4 月に登場したところからである。胸腔鏡のマルチファイヤーエンド GIA30 は、1995 年 11 月登場していた。

止血の技術の進歩

手術の際の止血操作では、開胸手術の際には血管を糸で結紮して止血していた。これが、胸腔鏡の手術に変わることで、止血操作の時に指が目的の止血点にまで到達できないので、かわりにノットプッシャーなどの専用器具をもちいて、結紮止血をおこなってきた。また、場合によっては、内視鏡用の金属クリップをもちいて止血操作をおこなってきた。電気メスでの凝固モードでの止血操作も行っている。この手術操作の要素にも技術革新の波がおよびつつある。つまり超音波振動装置の進歩である。従来のハーモニック・スカルペルは、超音波振動のエネルギーを利用した手術装置であり、従来の超音波メスとは異なり、組織の破碎・吸引ではなく、凝固・切開を行うことを目的として開発されてきた。凝固機序についてみると、超音波メスのブレードの振動で挟んでいる組織の蛋白質を癒合し、つぎに蛋白質の水素結合

が破壊され、63°C付近で蛋白変性がおこる。さらに、粘着性のコアギュラムが微細な血管を閉塞し止血し、血管の凝固を促進することで、凝固止血できるわけである。開胸手術用の coagulating shears (CS) や胸腔鏡手術用の laparoscopic coagulating shears (LCS) が、あったが、実際の使用では、凝固・切開に時間がかかる感じが強く、電気メスを使用する場面が多かった。しかしながら、セラミック振動子の性能向上に伴い、この超音波凝固装置にも、大きな進歩がもたらされつつある。超音波メスの2大要素となる凝固力と切離スピードに寄与する因子として、超音波の周波数、ブレードの組織への圧力、ブレードの振動振幅の小ささがある。CS, LCS に比べて、周波数は 55.5 kHz と変わらないが、振幅は 65 ミクロンと 35% 減少し、把持力は約 3 倍に向上している。この結果、凝固止血操作によする時間も短縮されている。基礎的な実験で、動脈と静脈に対するバイクリル糸の結紮止血とクリップによる操作の止血能力を比較してみると、動脈で完全に耐圧力が完成するのに、クリップで 1 週間、糸の結紮では 2 週間の時間がかかり、耐圧力は 1000 mmHg である。静脈では 1 週間目に検討すると、糸の結紮とクリップともに、耐圧力は 350 mmHg であった¹⁸⁾。

約 2 ミリ径までのブタの睾丸動静脈、リンパ管をもちいた実験での動脈凝固止血の場合、耐圧力は 1150 mmHg、静脈は 700 mmHg、リンパ管は 600 mmHg であった¹⁹⁾。超音波凝固のメカニズムが把持した組織の蛋白融解と凝固によるものであるため、当然、その組織厚の大小に影響されるとはいうものの、2 ミリの動脈の癒合断端の耐圧力が体血圧の約 10 倍であったことは、かなりの安心感を覚える数字ではないかと思う。低圧系の静脈やリンパ管では、この耐圧のデータは臨床使用を考える上で十分なものである。現在では、直径 5 ミリの動脈の切開・凝固もできるとされており、今後、結紮止血、クリップ止血に大きくとってかわると考えている。

ちなみに、2009 年 3 月 12 日にハーモニック・

エースを主にもちいて、冠動脈バイパス術後の、胸腔内に軽度の癒着を認めた左上葉肺癌臨床病期 IA の症例で、胸腔鏡下左上葉切除術とリンパ節郭清術を行った。手術時間 3 時間 20 分、出血量 2 g で、軽快に術後経過している (Fig. 7)。今後の手術手技のなかで、キャビテーションなどの損傷のリスクを十分認識しつつ、使いこなしていくことが低侵襲手術にとって、必須であると考えている。

京都府立医科大学の胸腔鏡手術の現状

内外の現状を踏まえても、VATS の定義についてすら様々な定義がいわれており、コンセンサスを得られたものはない。視野については、直視下、完全鏡視下、両者の併用と諸家、さまざまな定義、主張がある状況である。RCT などの確固たるエビデンスのない手技への抵抗感、万一の術中のトラブルのときには迅速な判断と高い技量が必要とされるため、全体として見てみると今後の適応症例の増加は、ゆるやかになると考えている。本学での胸腔鏡手術の歴史をみつめると、1993 年 3 月に胸腔鏡下ブラ切除術が初めておこなわれ、胸腔鏡手術がはじまった。1996 年 9 月に胸腔鏡下肺葉切除術 (VATS lobectomy) が初めておこなわれ、現在にいたっている。現在、大学呼吸器外科では、手の入ら



Fig. 7. 京都府立医科大学附属病院 第 1 手術室 胸腔鏡手術風景 2009 年 3 月; ポラリスによる胸腔鏡術者の視覚についての研究風景。同時にハーモニック・エースを主に使用して手術。出血の制御に有用であった。

ない程度の7センチの皮切で、開胸器あり、直視と鏡視下を併用の胸腔鏡下手術を基本として、手術を行っている。2006年は年間原発性肺癌52例で、うち36例がVATS lobectomyとなっている。平均手術時間3時間20分平均出血量52 mLとなっている。

「願わくは 過不足なき 手術せん 一例一例 我が師なりけり。」(国手 西満正先生)と

いう言葉があると研修医時代に教わった。胸腔鏡手術については、まさに、今日、討議のつづく肺癌への縮小手術の適応も含めて、治療技術として患者さんにとって最良の結果を得られるように、今後も医療機器、手術手技ともに技術進歩を取り入れ、胸腔鏡手術の適応と限界を熟慮しつつ外科医療をすすめていきたい。

文 献

- 1) 内視鏡外科手術に関するアンケート調査【3】呼吸器外科領域—第9回集計結果報告. 日鏡外会誌 2006; 11: 575-583.
- 2) Sedrakyan A, Treasure T. Lobectomy for lung cancer by video-assisted thoracic surgery (VATS). In: Treasure T, Hunt I, Keogh B, et al(eds). The evidence for cardiothoracic surgery (1st edn), tfm Publishing limited, Shrewsbury, UK, 2004; pp49-54.
- 3) Onaitis MW, Petersen Rp, Stafford MS, et al. Thoraacosopic Lobectomy Is a Safe and Versatile Procedure Experience with 500 Consecutive Patients. *Annals of Surgery* 2006; 244: 420-425.
- 4) 成毛韶夫. 胸腔鏡手術の変遷と展望. 日呼吸内視鏡会誌 2006; 28: 3-5.
- 5) Kirby TJ, Mack MJ, Landreneau RJ, et al. Lobectomy-video-assisted thoracic surgery versus muscle-sparing thoracotomy. *J Thoracic Cardiovasc Surg* 1995; 109: 997-1002.
- 6) Sugi K, 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* 2000; 24: 27-31.
- 7) Craig SR, Leaver HA, Yap PL, et al. Acute phase responses following minimal access and conventional thoracic surgery. *Eur J Cardiothorac Surg* 2001; 20: 455-463.
- 8) 浅村尚生. 最近の開胸下での肺癌手術—胸腔鏡下肺癌手術の問題点を含めて. 胸部外科 2006; 59: 710-713.
- 9) Miyoshi S. Different strategies between Japan and other countries for the diagnosis and treatment of early-stage lung cancer. *Nippon Geka Gakkai Zasshi* 2008; 109:329-32.
- 10) Watanabe A, Ohori S, Nakashima S, Mawatari T, Inoue N, Kurimoto Y, Higami T. Feasibility of video-assisted thoracoscopic surgery segmentectomy for selected peripheral lung carcinomas. *Eur J Cardiothorac Surg* 2009 Feb 19. [Epub ahead of print]
- 11) Togashi K, Koike T, Emura I, Usuda H. [Indication for limited surgery on small lung cancer tumors measuring 1cm or less in diameter on preoperative computed tomography and long-term results]. *Kyobu Geka* 2008; 61: 519-22; discussion 522-4.
- 12) 渡辺俊一, 鈴木健司, 浅村尚生. 内視鏡手術—是か非か? 胸腔鏡手術—是か非か? 肺癌に対する VATS lobectomy の現況と問題点. 日外会誌 2005; 106: 313-319.
- 13) 白日高歩. 胸腔鏡手術. 日気食会報 1999; 50: 525-528.
- 14) 窪田哲丸, 齋藤秀俊. 腹腔・胸腔ビデオスコープの進歩. 医器学 2005; 75: 765-770.
- 15) Shimada J, Kawakami Y, Fujita S. Medical lighting composed of LEDs arrays for surgical operation. *Proceedings of SPIE No.4278 Photonics West. Optoelectronics* 2001; p165-172.
- 16) EF Schubert. "1.8. LEDs entering new fields of applications". *Light-Emitting Diodes*, second edition. Cambridge University Press, 2006; p21.
- 17) 島田順一, 川上養一, 山田元量. 照明装置, フィルタ装置, 画像表示装置. 特許公開 2005~279255, 平成17年10月13日 (2005.10.13)
- 18) Brohim RM, Foresman PA, Rodeheaver GT. Development of Independent Vessel Security After Ligation With Absorbable Sutures or Clips. *Am J Surg* 1993; 165: 345-349.
- 19) Kaoru Abe, Masanori Terashima, Hisataka Fujiwara, et. al. Experimental Evaluation of Bursting Pressure in Lymphatic Vessels with Ultrasonically Activated Shears. *World J Surg* 2005; 29: 106-109.

著者プロフィール



島田 順一 Junichi Shimada

所属・職：京都府立医科大学 大学院医学研究科 心臓血管・呼吸器外科学・講師

略 歴：1987年3月 京都府立医科大学医学部医学科 卒業

1987年4月 京都府立医科大学附属病院 外科研修医

1989年4月 明石市立市民病院 外科医員

1991年4月 京都府立医科大学附属病院第2外科（国立がんセンター 呼吸器外科任意研修）

1991年10月 京都府立医科大学附属病院第2外科修練医

1993年4月～1997年3月 京都府立医科大学大学院医学研究科（博士課程）
博士（医学）甲673号

1997年4月 大阪府済生会吹田病院 心臓血管呼吸器外科 副医長

1999年1月 京都府立与謝の海病院 外科技師

2002年5月 京都府立医科大学 心臓血管・呼吸器外科学教室 助手

2003年4月 同 学内講師

2005年4月～現職

資 格：日本外科学会認定医，日本消化器外科学会認定医，日本呼吸器外科学会専門医，日本外科学会指導医，
日本胸部外科学会指導医

業 績：1. Shimada J, Kawakami Y, Fujita Sg. Surgical operation using lighting goggle composed of white-LED-arrays. Proceedings of SPIE 2001; 4445: 13-22.
2. Shimada J, Katoh D, Kawakami M, Ikeda F, Yamamoto Y, Yamaguchi S, Nishikawa A. The Registration of Magnetic Navigation System for Surgery. Proceedings of the 17th International Congress and Exhibition, London, Excerpta Medica International Congress Series 2003; 1256: 446-451.