

| | | | | | |
|--|--|-------------------------|---------|-----------|------|
| 元吉正樹, <u>藤江正克</u> | 磁気駆動方式による手術マニピュレータの開発. | 第 14 回日本コンピュータ外科学会大会論文集 | 2005 | 133-134 | 2005 |
| Yabukami S, <u>Ishiyama K</u> , et al. | A design of highly sensitive GMI sensor. | J Magn Magn Mater | 290-291 | 1318-1321 | 2005 |
| Hashi S, <u>Ishiyama K</u> , et al. | Wireless motion capture system using magnetically coupled LC resonant marker. | J Magn Magn Mater | 290-291 | 1330-1333 | 2005 |
| Hashi S, <u>Ishiyama K</u> , et al. | Development of Real-Time and Highly Accurate Wireless Motion Capture System Utilizing Soft Magnetic Core | IEEE Trans Magn | 41 | 4191-4193 | 2005 |
| 堀越直, <u>石山和志</u> , ほか | 振幅変調による高周波キャリア型薄膜磁界センサの設計. | 日本応用磁気学会誌 | 29 | 472-476 | 2005 |
| 小澤哲也, <u>石山和志</u> , ほか | 高周波キャリアを用いた位相検出型薄膜磁界センサの開発. | 日本応用磁気学会誌 | 29 | 663-666 | 2005 |
| 小澤哲也, <u>石山和志</u> , ほか | 高周波キャリア型薄膜磁界センサの位相差検出による交流磁界測定装置の開発. | 日本応用磁気学会誌 | 29 | 831-837 | 2005 |
| 清嶋護之, <u>雨宮隆太</u> , ほか | 当院における気道異物症例. | 気管支学 | 27(7) | 529-532 | 2006 |
| 清嶋護之, <u>雨宮隆太</u> , ほか | Virtual bronchoscopy の臨床応用. | 呼吸器科 | 8(6) | 533-537 | 2006 |
| 鏑木孝之, <u>雨宮隆太</u> | 気管支鏡所見の捉え方. | 気管支学 | 27(5) | 395-400 | 2006 |
| <u>土田敬明</u> , ほか | 縦隔・肺門部病変に対する CT ガイド下気管支鏡生検. | 気管支学 | 27 | 110-113 | 2005 |
| 小林寿光, <u>土田敬明</u> , ほか | CT ガイド下気管支鏡による末梢肺病変の診断. | 気管支学 | 27 | 302-306 | 2005 |
| Sakuraba M, <u>Chuman H</u> , et al. | Pelvic ring reconstruction with the double-barreled vascularized fibular free flap. | Plast Reconstr Surg | 116(5) | 1340-1345 | 2005 |
| <u>中馬広一</u> | 悪性軟部腫瘍に対する化学療法. | New Mook 整形外科 | 18 | 183-190 | 2005 |
| <u>中馬広一</u> , ほか | 転移のガイドライン 再発乳癌骨転移に対する治療のガイドラインと実際. | 日本整形外科学会雑誌 | 79(9) | 555-560 | 2005 |
| <u>中馬広一</u> | 軟部腫瘍の診察の基本. | 骨・軟部腫瘍外科の要点と盲点 | | 41-43 | 2005 |
| <u>中馬広一</u> | 広範切除における基本的な術中テクニック. | 骨・軟部腫瘍外科の要点と盲点 | | 140-147 | 2005 |
| <u>中馬広一</u> | 緊急を要する脊椎除と固定の適応決定. | 骨・軟部腫瘍外科の要点と盲点 | | 202 | 2005 |
| <u>Kinoshita T</u> , et al. | Sentinel lymph node biopsy examination for breast cancer patients with clinically negative axillar-y lymph nodes after neoadjuvant chemotherapy. | Am J Surg | 191 | 225-229 | 2006 |

| | | | | | |
|---|--|-------------------|-----|-----------|----------|
| <u>Kinoshita T, et al.</u> | Intracystic papillary carcinoma diagnosed by core needle biopsy. | The Breast | 14 | 322-324 | 2005 |
| <u>Komoike Y, Kinoshita T, et al.</u> | Ipsilateral breast tumor recurrence (IBTR) after breast conserving treatment for early breast cancer. | Cancer | 106 | 35-41 | 2006 |
| <u>Uchida T, Fujimoto H, et al.</u> | Transrectal high-intensity focused ultrasound in the treatment of localized prostate cancer: A multicenter study. | Acta Urol Jpn | 51 | 651-658 | 2005 |
| <u>Pu YS, Fujimoto H, Kakizoe T, et al.</u> | The 18 th international symposium: Controversies in prostate cancer diagnosis and treatment. | Jpn J Clin Oncol | 35 | 680-689 | 2005 |
| <u>藤元博行</u> | 本邦、前立腺癌症例に対する根治的前立腺全摘除術の可能性と限界 | 臨床放射線 | 50 | 593-601 | 2005 |
| <u>藤元博行</u> | Hautmann 式自排尿型代用膀胱形成術 | 臨床泌尿器科 | 59 | 727-736 | 2005 |
| <u>Tateishi U, Onaya H, et al.</u> | Myxoinflammatory fibroblastic sarcoma: MR appearance and pathologic correlation. | AJR | 184 | 1749-1753 | 2005 |
| <u>Nara S, Onaya H, et al.</u> | Arterial reconstruction during ancreato-duodenectomy in patients with celiac axis stenosis—utility of doppler ultrasonography. | World J Surg | 29 | 885-889 | 2005 |
| <u>Takahashi Y, Onaya H, et al.</u> | Imaging features of large intraductal papillary-mucinous carcinoma of the pancreatic tail. | Pancreas | | | in press |
| <u>Bae Y, Matsumura Y, et al.</u> | Preparation and biological characterization of polymeric micelle drug carriers with intracellular pH-triggered drug release property: tumor permeability, controlled subcellular drug distribution, and enhanced in vivo antitumor efficacy. | Bioconjugate Chem | 16 | 122-130 | 2005 |
| <u>Hamaguchi T, Matsumura Y, et al.</u> | NK105, a paclitaxel-incorporating micellar nanoparticle formulation, can extend in vivo antitumour activity and reduce the neurotoxicity of paclitaxel. | Br J Cancer | 92 | 1240-1246 | 2005 |
| <u>Uchino H, Matsumura Y, et al.</u> | Cisplatin-incorporating polymeric micelles (NC-6004) can reduce nephrotoxicity and neurotoxicity of cisplatin in rats. | Br J Cancer | 93 | 678-687 | 2005 |

3. 医療ロボットの臨床応用

3.1 腹部手術への応用

はじめに

21世紀の医療は、患者さんに優しい医療を目指すよくいわれます。特に、外科治療は患者に負担の少ない低侵襲治療へと大きく変わろうとしています¹⁾。低侵襲治療は、できるだけ小さな傷口で従来と同等ないしはそれ以上の治療効果を発揮して病気を治し、術後の痛みを少なくして、早期に回復させ、早期社会復帰を図ろうとするものです。従来の治療に比べ、患者のQuality of Life (QOL, 生活の質) を重視した治療法といえます。

「患者さんに優しい医療」とは、1) 患者さんに精神的、肉体的な苦痛を与えない、2) 生活の質 (QOL) を悪くしない、3) 安全でかつ確実な治療である事と考えています。これを実現するには、まず「医療の質」を向上させる必要があります。

低侵襲治療法には、遺伝子治療、細胞療法、再生医療、内視鏡的治療法など様々な分野が含まれます。手術支援ロボットは、これらの内、内視鏡的治療法のひとつに位置づけられるもので、コンピュータを用いて、人の力だけではできない、より精密な操作や、アクセス困難な場所でのアプローチを可能とします。結果として、より効果的で、安全な治療の達成を支援します²⁻⁴⁾。本稿では、腹部外科領域で用いられている最新の手術支援ロボットの動向について紹介します。

3.1.1 内視鏡下外科手術の限界

一般外科領域において、1990年代より全世界で爆発的に普及した内視鏡下外科手術は、患者にとって負担が少なく、かつ早期回復が見込め、入院期間も短く、医療経済的にもコスト削減に貢献できることから、現在では、一般外科手術の約30%以上が内視鏡的に治療される時代となりました。胆嚢摘出術では実に95%以上が内視鏡的に行われています。この他に、呼吸器外科、乳腺内分泌外科、整形外科、産婦人科、小児外科領域など外科領域全体の総症例数は年間約6万件に上ります (図1)。

しかし、内視鏡下外科手術は、二酸化炭素で気腹した狭いスペースの中で、内視鏡に映し出された限られた視野を二次元画像で観察しながら、自由度の少ない鉗子を用いて操作しなければなりません。開腹術のように術者の思い通りに手術を行うことは極めて困難といえます。従って、十分な開腹術での経験がなく、入念な術前計画を立てず、内視鏡下外科手術の訓練も受けずに手術を執刀する場合には、手術ミスや、術中合併症を起こす危険性があります。

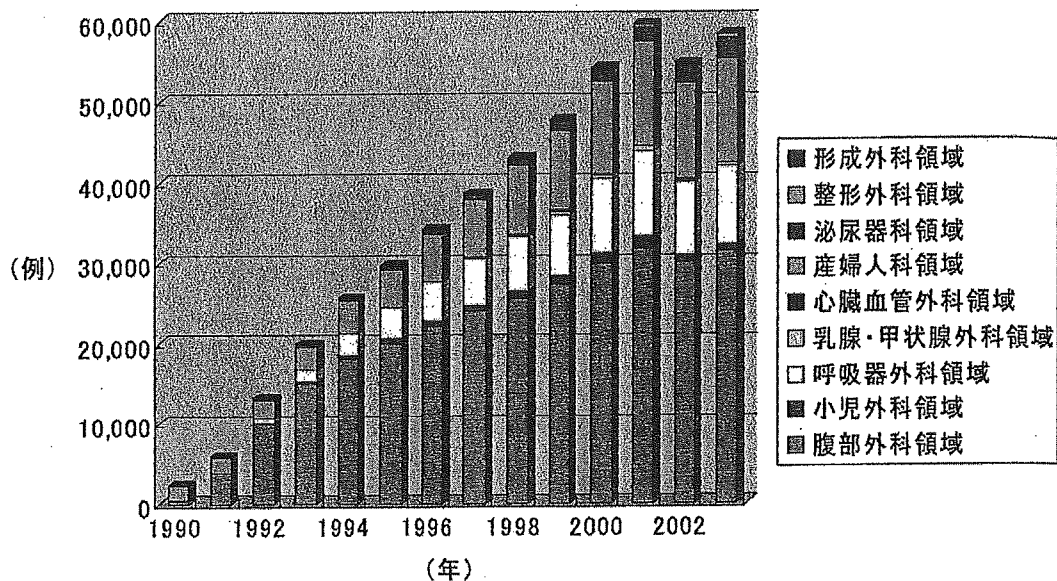


図1 領域別の内視鏡外科手術総症例数の推移

3.1.2 技術的困難の克服

内視鏡下外科手術の現状の問題点を打破するためには、

- (1) 鉗子の自由度をあげる
- (2) 内視鏡の視野を広げ解像度をあげる
- (3) 力覚や触覚情報を提供する

などが考えられますが、これは、従来の外科手術の教育訓練を受けた外科医の観点からみた意見です。

今後、未来型医療を実現するためには、

- (1) 従来、外科医の手ではできなかったことを可能とする (super-hand)
- (2) 従来、外科医の目では見えなかったものを可視化する (super-vision)
- (3) リアルタイムな生体情報をオンデマンドに提供する
- (4) 治療計画のためのシミュレーションなどヴァーチャルリアリティを実現する

などの新しい技術革新が必要と考えます。外科の基本手技である把持、剥離、結紮、切離、切除などの操作を解析し、外科治療の最終目的を新たな観点から見直し、手術器具や手術手技を創意工夫する必要があります。

3.1.3 手術支援ロボット

内視鏡下外科手術の技術的問題点の解決策の一つが、この手術支援ロボットです。患者と外科医の間に高機能を備えたコンピュータ支援のインターフェースが介在し、従来の手法よりも、より安全で確実な手術手技が可能となります。現在、世界中で臨床応用されている手術支援ロボットとしては、ゼウスやダビンチなどがあります。

3.1.3.1 ナビオット

ナビオット（図2）は、純日本製の腹腔鏡把持支援ロボットで、日本学術振興会未来開拓学術研究推進事業で開発した技術を用いて製作されました。平成14年に、厚生労働省より医療用具としての認可を受けた、日本初の手術支援ロボットです。東京大学の土肥・佐久間・小林氏らによる開発と、九州大学による臨床試験、日立製作所による製品化までの間には、何度もやり直しを繰り返しながら実現した産学連携の賜です。グッドデザイン賞に輝き、現在、腹部外科や胸部外科のみならず、産婦人科や泌尿器科などにおいてもひろく使用されています。

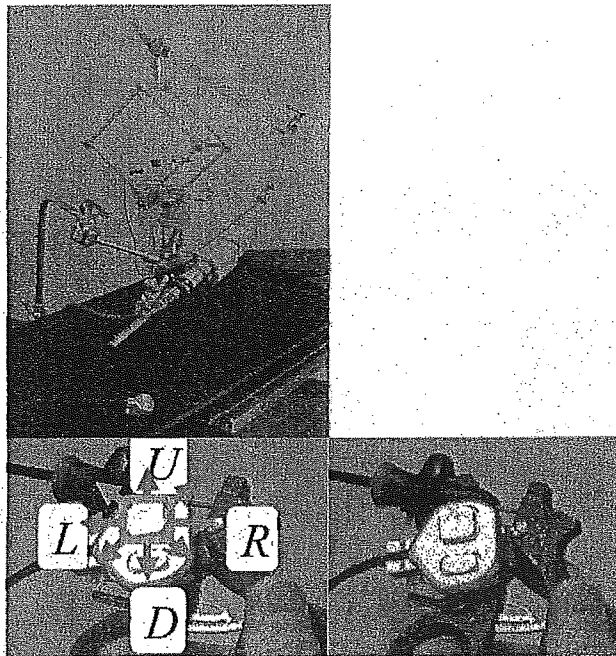


図2 Naviot：腹腔鏡把持支援ロボット（上図）で、鉗子に設置されたボタン式インターフェースを用いて内視鏡を8方向に自在に動かしたり、拡大や縮小も可能。

ボタン式のインターフェースが鉗子に取り付けられ、外科医が自らの指先で操作して自分が欲する視野を自らの手で即座に出すことが可能です。ズーム機能が付いているため、カメラ先端が臓器に接したり、返り血で見えなくなったりすることがありません。内視鏡を持つ医師は必要でなく、外科医一人での手術（ソロサージャリー）が可能となりました。

3.1.3.2 ゼウス

ゼウス（図3）は、米国Computer Motion社が開発したマスタースレーブ型の手術支援ロボットで、スレーブマニピュレータは、内視鏡把持ロボットと2本の鉗子把持ロボットの計3本からなり、各アームを手術台横のレールに設置して、遠隔から操作します。術者は、偏光メガネをかけると、テレビモニターの画面を3次元で見ることができます。

鉗子は、直径5mmで、先端に関節を有します。全体として6自由度で、トレーニングを受けることで、比較的自在に縫合結紮を行うことが可能です。

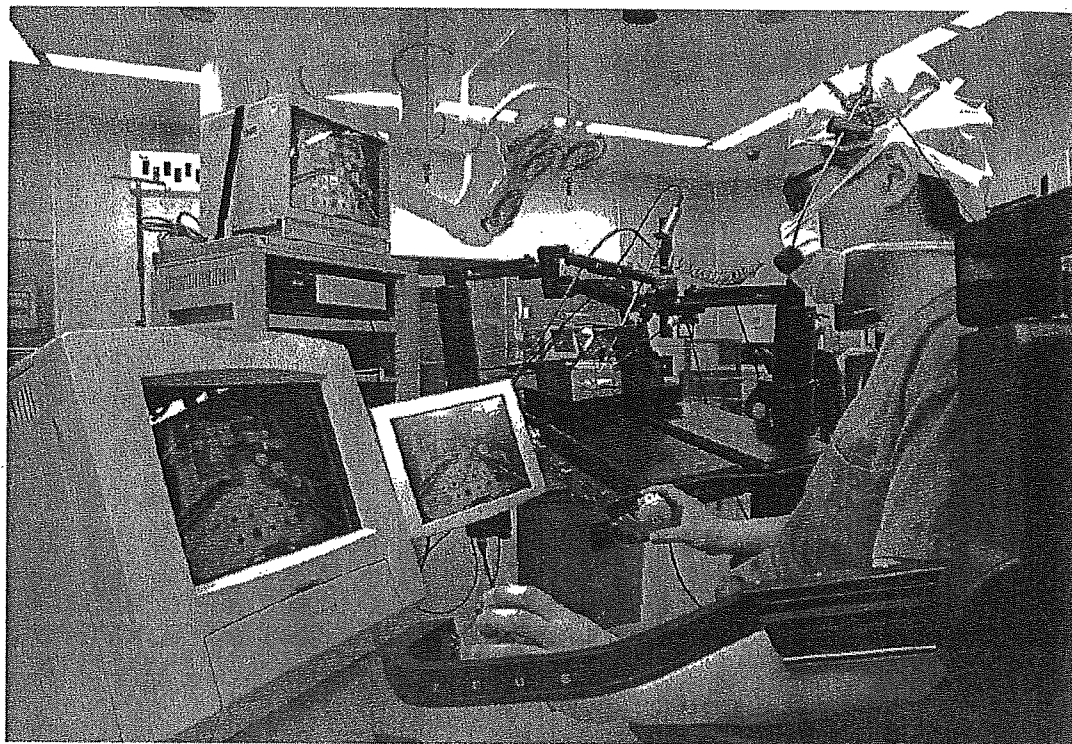


図3 Zeus：術者は偏光メガネをかけ、手術台に設置されたスレーブマニピュレータを操作しているところ

わが国では、大阪大学、東北大学、九州大学の他、いくつかの民間病院に導入されています。Computer Motion社が、Intuitive Surgical社に買収され新たにゼウスを販売しなくなったことから、今後の普及が危ぶまれますが、将来ダビンチと合体し、マイクロサージャリーに特化した手術支援ロボットが誕生するのではないかと期待されます。

3.1.3.3 ダビンチ

ダビンチ（図4）は、ゼウスと同様、米国Intuitive Surgical社が開発したマスタースレーブ型手術支援ロボットです。世界中ですでに約300台が稼動しており、全症例数は30,000例を越えます。この内、約200台以上が米国で、次にヨーロッパが多く、アジアでは各国に1-2台程度の普及にとどまっています。このような欧米での活発な活動を背景に、平成16年10月には国際ロボット手術学会（The 1st International Meeting for Minimally Invasive Robotics Association）が開催されました。

術者は、手洗いをする必要はなく、コンソール（操作卓）の前に座ってこれを覗くと患者の体内を立体的に見ることができます。鉗子は7自由度を有するため、開腹術と同様な感覚で、運動制限を感じることなく、自在に操作を行うことができます。

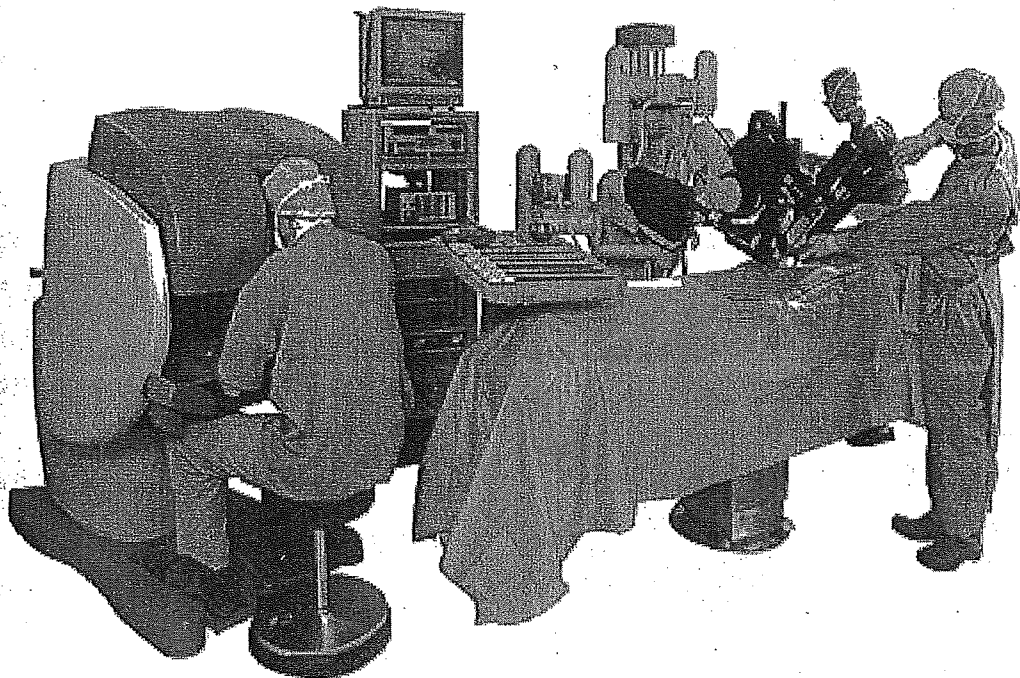


図4 da Vinci：術者がコンソール（左）の前で操作をし、surgical curt（右）のスレーブマニピュレータを動かして手術を行っているところ

ロボット手術は、血管縫合などのマイクロサージャリーにおいて、従来の内視鏡下外科手術に比べ有意に短時間で正確に施行できることが証明されています。ロボット手術は、内視鏡下外科手術が可能な症例であればすべて適応となります。さらに、心疾患では、開胸をせずにバイパス術や、心臓弁形成術を行うことが可能となりました。一般外科手術のみならず、心臓手術のすべてにおいて、米国FDAの認可を取得しています。内視鏡下前立腺全摘出術は狭い骨盤腔内での縫合を必要とし、ロボット手術の最もよい適応となっています。

わが国では、九州大学と慶應大学で臨床治験を平成14年6月までに終了し、現在厚生労働省からの医療用具としての認可待ちの状況です。

3.1.4 わが国のコンピュータ外科の現状

現在、僅かに九州大学や国立循環器病センターの他、民間病院の数施設でロボット手術が施行されています。海外では、既に3万例以上の症例がロボット手術を受けているのに対して、わが国で普及が遅れている原因としては、

- (1) ロボットの医療用具としての認可が遅れている
- (2) ロボットの価格が高く、大型である

(3) ロボット手術などの高度先進医療の診療報酬体制や、補償制度などが確立していないなどが挙げられます。先進医療を待ち望む患者のために、一刻も早く多くの患者がロボット手術を受けられるようになることを期待します。

一方、わが国独自の外科領域におけるロボティックシステムの開発が進んでいます。特に、九大と、東大、阪大、京大の工学系研究者を中心とした日本学術振興会未来開拓学術研究推進事業「外科領域におけるロボティックシステムの開発（平成11年度～15年度）」では、より小型で、画像誘導下により安全確実な手術を可能とするロボティックシステムが開発されました（図5）。プロトタイプはすでに完成し、5回の東京・富士宮間の遠隔手術を含め、動物実験ですでに良好な結果を得ています。

特に、臓器の内部構造を透見できるナビゲーションシステム（図6）や、多機能を有する多自由度鉗子、プリズム型内視鏡、3次元内視鏡なども開発されています。

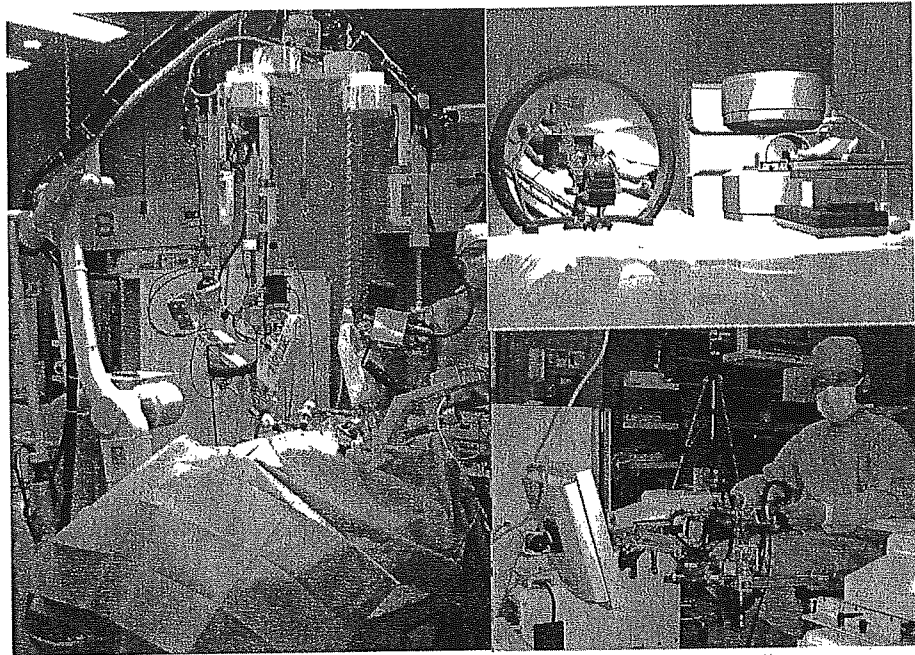


図5 Image-guided robotic system : 未来型手術室予想図 (右上) と手術支援ロボット (プロトタイプ: 左; スレーブ (東大佐久間研), 右下; マスタ (東大光石研))

腹腔鏡下肝切除時における
術前の3Dバーチャルイメージ

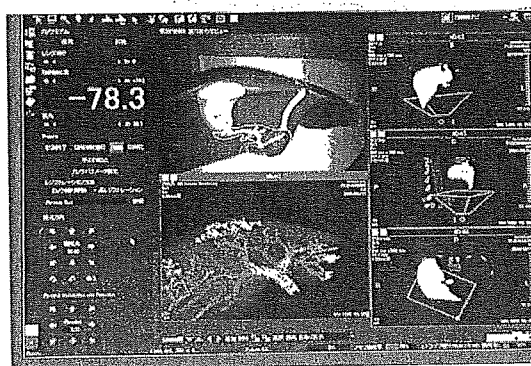


図6 Navigation system : 肝臓内の血管や腫瘍の位置を術中内視鏡の実画像上に重ね合わせ、より正確な情報の下に手術が可能となる (九大, 阪大田村・佐藤研究室との共同研究)

3.1.5 次世代のための外科手術教育訓練システム

内視鏡下外科手術は、今後益々普及し、その適応範囲も広がっていくことが予想される一方、ロボット手術の技術は、その発展に不可欠といえます。将来、お腹を開けたことがない外科医が今後増えることを考え、九州大学と東京慈恵医科大学鈴木直樹教授と共同で手術シミュレーションシステムを開発しています（図7）。これは、コンピュータ上で手術のトレーニングを行うことを可能とするものです。力覚情報のフィードバックが付加されており実践しながらの手術を行うことが可能です。また、出張先においてインターネット上でワークステーションにアクセスし、手術指導を受けることも可能です。将来は、実際の患者情報を入力して術前のシミュレーションや手術計画に利用することができるでしょう。

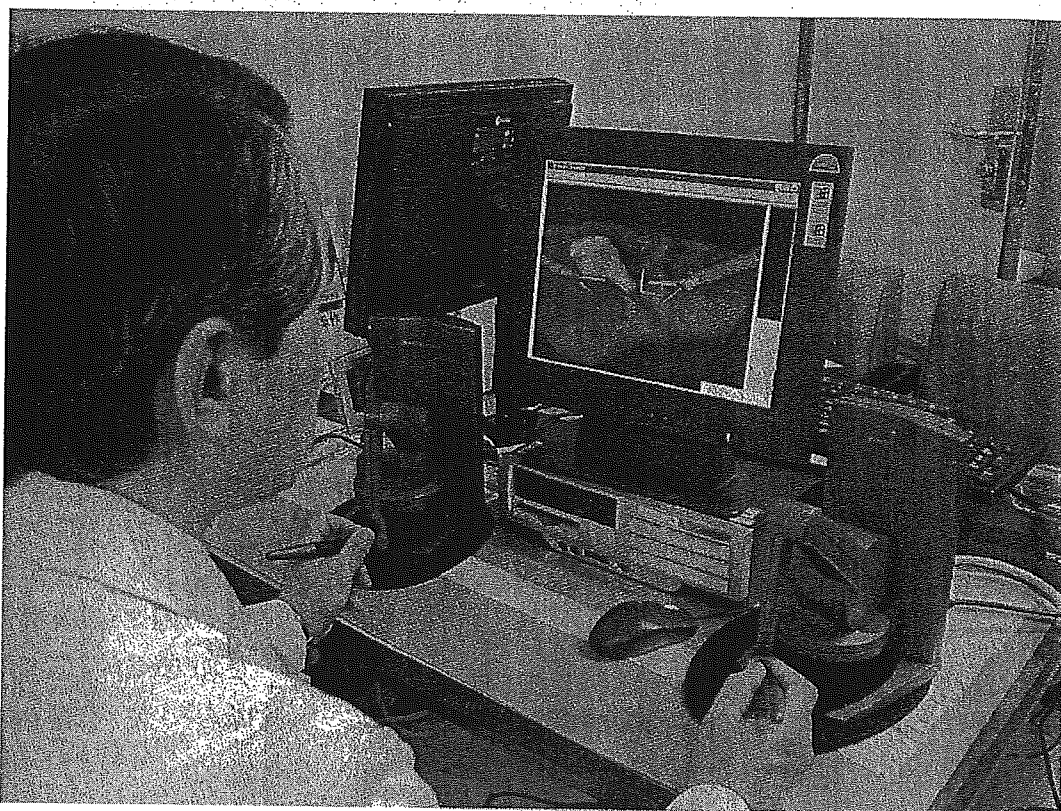


図7 Simulation system : 自分のオフィスでPCに向かって内視鏡手術（腹腔鏡下胆嚢摘出術）のトレーニング行っているところ。

また、九州大学病院では、日本内視鏡外科学会と日本コンピュータ外科学会の後援を得て、国内外の外科医や研究機関および大学の工学系研究者を対象とした、ロボット手術のトレーニングセミナーを毎月開催しています（図8）。従来の内視鏡外科手術に比べ、ロボット手術では、learning curveが減少し、初心者でも当初から与えられたタスクに対して高得点が得られ、かつ顕著な練習効果が認められることが証明されました。平成17年2月からは学内外およびアジアの外科医を対象とした内視鏡外科手術トレーニングセンターも開設し、日常診療の中に少しでも先端医療技術が取り入れられるよう指導したいと考えています。



図8 Training center for robotic surgery

おわりに

世界のロボット手術は、すでに臨床導入の時代から普及発展の時代に入っています。21世紀は、患者に優しい医療を目標としています。患者に優しい医療とは何かを常に自問自答しながら新しい医療の研究開発に向かって邁進すべき時ではないでしょうか？主体は、患者です。傷口が小さいだけの内視鏡下外科手術に留まることなく、患者のQOLを重視した、より侵襲の少ない、効果的な低侵襲治療法を開拓していくことが我々の課題であると考えます。

文 献

- 1) M Hashizume, M Shimada, M Tomikawa, Y Ikeda, I Takahashi, R Abe, F Koga, N Gotoh, K Konishi, S Maehara, K Sugimachi: Early experiences of endoscopic procedures in general surgery assisted by a computer-enhanced surgical system. *Surgical Endoscopy* 2002; 16: 1187- 1191.
- 2) M Hashizume, M Shimada, K Konishi, T Akahoshi, M Tomikawa, S Maehara and K Sugimachi: What is new in robotic surgery ? *Proceedings of 16th International Congress and Exhibition, CARS 2002*, ed. By HU Lemke, et al. 2002; 309-313.
- 3) 橋爪 誠. 腹部外科手術へのVR技術の応用と将来. *VR医学*2003 ; 1 : 7-15.
- 4) 橋爪 誠. 外科医の夢 : 手術用ロボット. *病院設備*2003 ; 45 : 7-13

疫学

病理

発見

診断

治療

▽末梢型肺癌

経気管支生検

はじめに

高速らせんCTが検診に導入されるようになり、肺野の小型孤立性病変が数多く発見されるようになった。これまで、わが国では肺野型肺がんの診断には経気管支生検が積極的に行われてきた。Evidence-based Medicine (EBM) の手法による肺癌の診療ガイドライン策定に関する研究班では、肺がん手術前に確定診断を行うのが望ましいとしており、小型孤立性病変に対しても経気管支生検が試みられてきた。しかし、小型の肺野病変に対する確定診断率は満足するものではなく、高分解能CTを詳細に読影した上で行われた経気管支生検でも、長径が1 cm 以下の場合には、その診断率は44%であったとの報告がある²⁾。このように、経気管支生検は肺野の小型孤立性病変に対する診断法として信頼性に欠けるため、特に長径が2 cm 以下の病変に対しては行われなくなってきた。これらの小型孤立性肺野病変への対応として、現在ではCTによる経過観察または開胸生検・VATSを選択することが多くなった。特に、結節性病変では、明らかにがんを否定できる病変以外は全身麻酔下の手術が選択されるようになってきている。しかし、開胸生検やVATSによる生検の結果、結核などの良性病変であったなどの例も多く、これらのケースでは結果的には全身麻酔下での手術は不要であったと考えられる。

経気管支生検は経皮肺針生検や開胸肺生検に比べて合併症が少なく、孤立性肺野病変の確定診断法としては第1選択となる検査方法と考えられる。本稿では、孤立性肺野病変に対する経気管支生検の現状と問題点について考察する。

1 孤立性肺野病変に対する経気管支生検の適応

孤立性肺野病変に対する経気管支生検の適応には絶対的禁忌はないとされている。したがって、孤立性肺野病変は全て経気管支生検の適応となりうる。相対的非適応は、リスクとベネフィットのバランスを考慮し、呼吸器科医および放射線科医を含んだミーティングで議論した上決定されるべきとされている^{3,4)}。相対的非適応を検討する際に考慮すべき項目を表1に示す。

経気管支生検を考慮する際には、患者およびその家族に対して、検査の必要性、診断精度、起こりうる合併症とその発生頻度や対処方法、他の確定診断方法あるいは確定診断を付けない場合との比較（それぞれの場合のリスクおよびベネフィット）を正確に情報開示する必要がある。その上で、患者本人に検査を受ける意志があるかどうかを文書にて確認を行う。

経気管支生検を施行する前に行うべき検査として、PT, APTT, 血小板数, 呼吸機能検査, 胸部CT検査が挙げられる。出血傾向や低肺機能では検査のリスクが増加するため相対的に非適応となるケースがある。また、経気管支アプローチによる検体採取が可能であるかどうかを判定するためには胸部CT検査は必須となる。経気管支生検の精度は責任気管支の確認の有無により影響を受けるとされており、特にサイズが小さい場合や責任気管支がわかりにくい場合には高分解能CT (HRCT) 画像による検討が必要である。HRCT画像を作製する際には、病変の性状がわかる範囲だけでなく、責任気管支を同定できる範囲で再構成を行うことが重要である。病変に関与する気管支を同定できない場合でも、病変に近接する気管支から経

表1 適応決定のために考慮すべき項目

1. 患者および家族の意志：診断方針についての正確な情報開示が必要
2. 出血傾向の有無
 - a. 血小板数：100,000/ml 以上
 - b. APTT 比または PT 比：1.4 以下
3. 呼吸機能
4. 経気管支アプローチによる検体採取の可能性の検討
5. 経皮生検を考慮すべきもの
 - a. CT 上、気管支鏡でのアプローチができないと判断されたもの
 - b. 多発肺結節
 - c. 肺門部の Mass

気管支針吸引細胞診が可能な場合があるので、責任気管支が存在しないというだけでは経気管支生検の相対的非適応とは言えない。相対的非適応に関しては、呼吸器科医や放射線科医を含めたミーティングで検討するべきである。

病変のサイズにより適応決定がされているケースがあるが、病変のサイズと経気管支生検の診断精度との間には明らかな相関はないと考えられる。サイズが 1 cm 以下のケースで診断精度が下がるとの報告があるが、症例数が少なく、責任気管支が同定されないなどの他の因子の影響も大きいと考えられるため、サイズのみで適応を決定する根拠としては薄弱であると考えられる。ただし、サイズが小さい場合には、確定診断をせずに CT 等で経過観察を行う場合のリスクがサイズの大きいものに比べて小さいと考えられるため、経気管支生検が相対的に非適応となるケースが多いと考えられる。

気管支鏡でアプローチができないと判断されたもの、多発肺結節、肺門部の Mass については経皮針生検による診断を検討する³⁾。ただし、肺門部の Mass については、経気管支超音波ガイド下または CT ガイド下針吸引細胞診が有効であるとの報告もある^{5,6)}。

2 前処置および麻酔方法

前処置として、唾液分泌の抑制、気道分泌の抑制、副交感神経反射の抑制の目的で硫酸アトロピン 0.5 mg の筋肉内注射を行うが、前立腺肥大、緑内障では禁忌である。呼吸器内視鏡学会の調査では、硫酸アトロピンにより抑制された有害事象は検査中の喘息発作のみで、硫酸アトロピンの使用は必須ではないとされている。鎮静目的で、ミダゾラム 0.03~0.06 mg/kg の静脈内注射を行うが、患者の協力が得られ、反射も少ない場合には使用しなくても良い。ミダゾラムを使用する場合には、検査後フルマゼニルで拮抗覚醒させる。

麻酔は、リドカインによる局所麻酔で行われることが多い。咽頭～喉頭の麻酔には 2% リドカイン 5 ml 程度を用いるのが一般的である。喉頭噴霧器を用いる場合は咽頭に少量を噴霧し、急性の過敏症状が起こらないことを確認する。気管支内麻酔にもリドカインを用いるが、咽喉頭麻酔とあわせて 5 mg/kg (体重 60 kg で 300 mg, すなわち 2% で 15 ml) にとどめることが望ましい。

3 X線透視下経気管支生検

X線透視下経気管支生検は、孤立性肺野病変に対する標準的な診断法として広く普及している方法である。X線透視装置としてCアームを使用する方法と二方向撮影装置を用いる方法がある。何れの方法でも検査の感度には影響を与えないと考えられるが、後者の方がやや検査時間を短縮することができると考えられる。単方向のX線透視のみで経気管支生検を行う方法は検査の感度が著しく低下すると考えられ推奨で

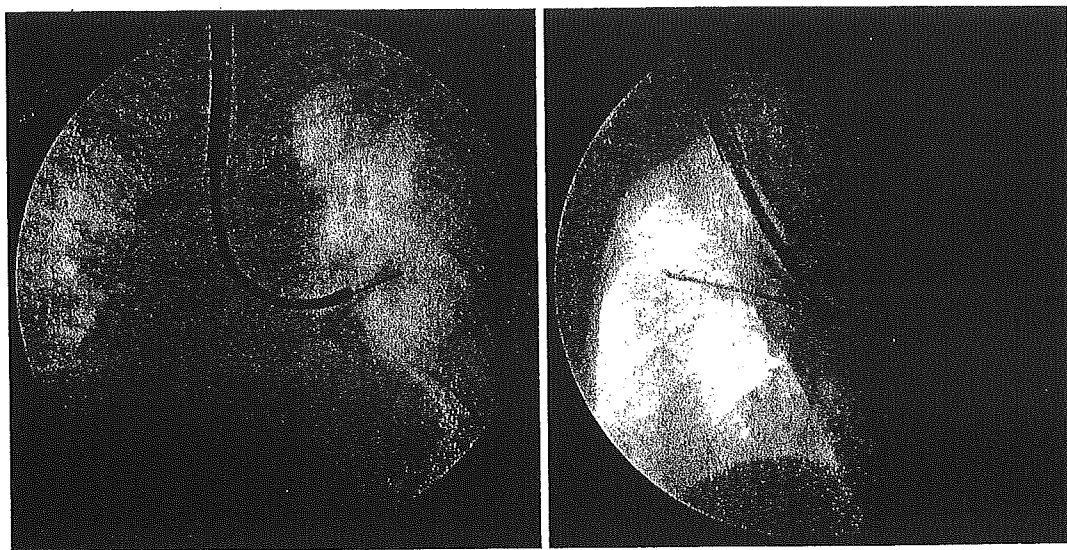


図1 X線透視下経気管支生検

きない。通常使用される生検器具として、鉗子、ブラシ、穿刺針、キュレットなどが挙げられる。これらの器具による複数の検査方法を組み合わせたほうが診断率は向上すると報告されている⁷⁾。図1では生検器具としてキュレットを用いているが、正面および側面の透視により生検器具の先端がターゲットにヒットしていることを確認する。この方法では透視で見難い病変に対する感度は低くなると考えられている²⁾。

この方法の感度および正診率は、2005年1月から8月までの自験例191例でそれぞれ84%および89%であった。オンサイトで迅速細胞診を行うとさらに感度および正診率が改善するとの報告もある⁸⁾が、コストとのかねあいで実施が困難な施設も少なくない。

4 CT透視を併用した経気管支生検

低線量CTによる検診が行われるようになり、小型でX線透過率が高い病変が診断の対象となるようになってきた。これらの病変は通常のX線透視では位置の確認が困難で、X線透視下経気管支生検では正確な診断が期待できないことが多い。このようなケースに対して、CT透視を併用したり、超音波内視鏡でアプローチしたり、極細径内視鏡でアプローチしたりする方法が開発されている^{10,11)}。これらの方法によりX線透視で位置の確認が困難な病変に対しても比較的正确に診断ができるようになった。ここでは、CT透視を併用した経気管支生検について考察する。

CT透視併用経気管支生検では、まずX線透視下に生検器具のアプローチを行い、その後CT透視を行うことにより生検器具が正確にターゲットに達しているかを確認することにより生検精度を高めている(図2)。すなわち、CT透視を併用することにより、X線透視で一見Hitしているように見える場合にもHitしていないことが明らかになったり、X線透視では確認不可能な病変への生検器具の到達を確認できたりする利点がある。欠点としてはCT透視でHitしていない場合に、CT透視下では生検器具の位置の修正が非常に難しいことが挙げられる。したがって、生検器具の位置を修正する場合にはX線透視下で行う方がよい。この際、Multiplanar Reconstruction (MPR) 画像や3D-CT画像、バーチャル内視鏡などによりナビゲーションを行うとより修正操作が容易となると考えられる。また、CT透視時には、CT画像の左右を反転させた方が生検器具の位置の把握がしやすい(図2)。

この方法の感度および正診率は、2005年1月から8月までの自験例47例でそれぞれ87%および91%であった。この成績は、主としてX線透視にて病変が確認困難なケースに適応しているにもかかわらず、先に示した同時期のX線透視下経気管支生検の成績よりも良好であり、経気管支生検の精度を向上させるの

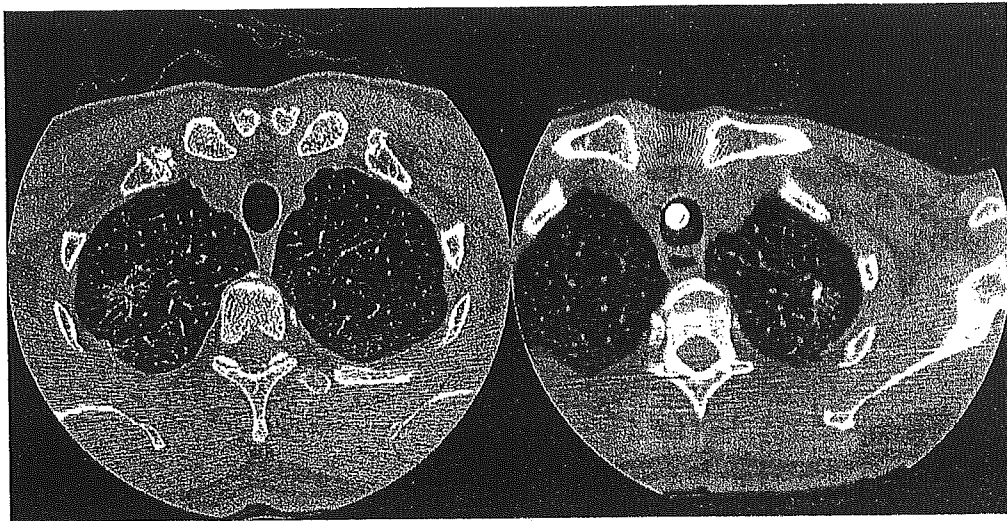


図2 CT併用経気管支生検

CT透視時には、CT画像を左右反転させて表示した方が位置の理解をしやすい。

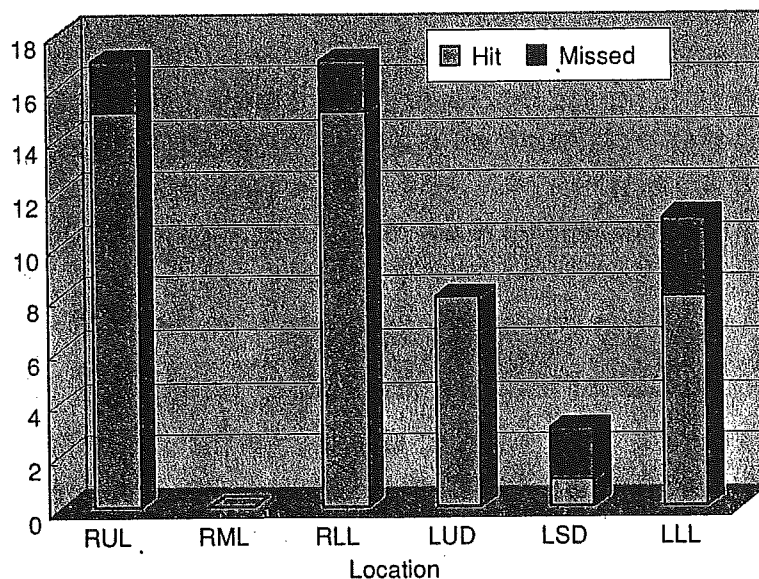


図3 CT併用経気管支生検56例の成績

RUL：右上葉，RML：右中葉，RLL：右下葉，LUD：左上区，
LSD：左舌区，LLL：左下葉。

に有効な方法と考えられる。欠点として、術者への被曝が挙げられるが、MPR画像や3D-CT画像、バーチャル内視鏡などによりナビゲーションを行うことによりCT透視の時間を短縮することが期待される。

5 誘導困難な部位へのアプローチ方法

X線透視下やCT併用の経気管支生検では、責任気管支の走行によっては生検器具が誘導困難な部位が存在する。具体的には、左上葉²⁾、S1およびS2⁷⁾、左S5¹²⁾、右S5¹³⁾、左下葉¹⁴⁾、S10¹⁵⁾等が報告されている。自験例でのCT併用経気管支生検での部位別成績を図3に示す。左舌区および左下葉で生検成績が悪く、過去の文献による報告とも一致する。これらの部位で成績が悪い理由として、心臓の影響により気管支の走行が曲げられているためと考えられる。また、責任気管支が娘枝である場合も生検器具の誘導は困難で

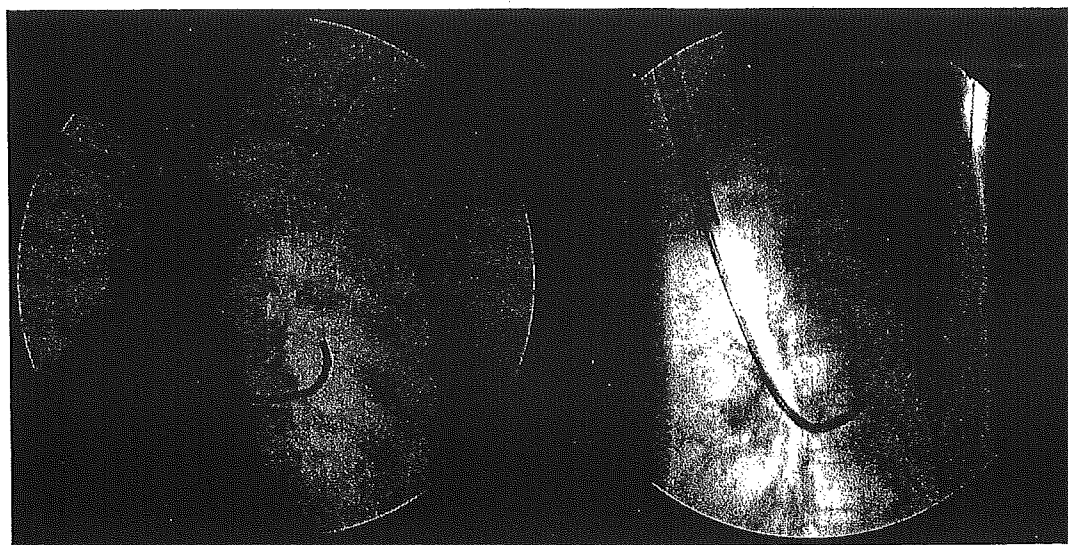


図4 極細経気管支鏡による経気管支生検

ある。これらのアプローチ困難な部位の病変に対しても生検器具を誘導する方法として、極細径気管支鏡やガイディングカテーテルによる生検器具の誘導法が開発されている。

極細径気管支鏡は外径が2.8 mm以下で、多くの場合末梢気管支への挿入が可能である。ガイド光の光量に限界があるため、口腔内、喉頭、気管などでは暗いために位置の把握が困難なことがある。気管内挿管下で検査を行うと位置の把握がしやすい。孤立性肺野病変に対して極細径気管支鏡下に擦過細胞診を行った症例を図4に示す。病変は左S6aに存在し、通常の鉗子やブラシの誘導は困難であった。極細経気管支鏡を用いることによりブラシの誘導が可能となり、擦過細胞診を行うことによりAdenocarcinomaの診断を得た。本症例では、病変は屈曲した気管支が責任気管支となっており、鉗子のみならずキュレットにてアプローチが困難であったが、極細径気管支鏡で確定診断を得ることができた。このような症例ではCTガイド下肺針生検を確定診断法として選択することが多いが、経気管支的にもアプローチできるようになり、より侵襲の少ない方法を選択できるようになった。

ガイディングカテーテルによる誘導困難部位へのアプローチも開発されている。ガイディングカテーテルは先端が屈曲しており、娘枝へのアプローチも可能である。擦過細胞診用のブラシを芯にすることにより、このブラシを前後することにより屈曲の角度を調節することができる(図5)。ガイディングカテーテルは血管内での使用を前提としており、キュレットや鉗子に比べて周囲の組織を傷つけないという利点がある。回転トルクもキュレットに比べて伝わりやすく、操作がしやすい。孤立性肺野病変に対してガイディングカテーテルでアプローチし生検および擦過細胞診を行った症例を図6に示す。病変は右S1bに存在し、通常の鉗子の誘導は困難であった。キュレットやブラシの先端を屈曲させるなどの方法でもアプローチ可能と思われたが、転移か原発かの鑑別を要したため、組織診が可能なガイディングカテーテル法を選択した。まず、ガイディングカテーテルを病変部位に誘導し、芯として使用しているブラシで病変の擦過細胞診を行った。つぎにブラシを抜いて代わりにガイドワイヤーをカテーテル内に挿入し病変部に留置、カテーテルを抜き、ガイドワイヤーの誘導により鉗子を誘導するためのシースを挿入し、そのシースにより鉗子を病変部に誘導、組織診を完遂した。組織診により子宮体癌の転移と診断され、抗エストロゲン療法によりPRが得られた。

アプローチ困難な部位に生検器具を誘導する方法として、他に屈曲鉗子を使用する方法やシースつきキュレットを使用する方法なども開発され、それぞれ有効性が報告されている。これらの方法で、責任気管支が同定された場合には肺内のほとんどの部位に生検器具を到達させることが可能と考えられる。ただし、肺門部の比較的太い気管支の周囲で、かつ経気管支針吸引細胞診が困難な部位の病変は現時点でも経気管支的に

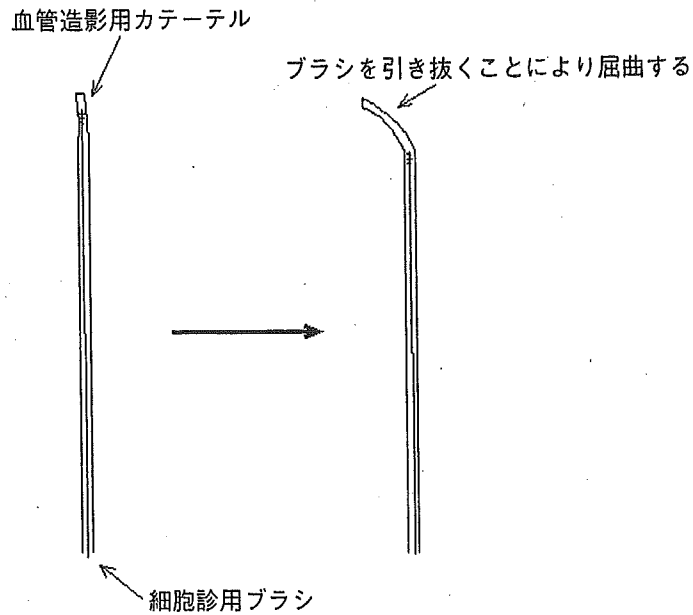


図5 ブラシを用いたガイディングカテーテルの先端のコントロール

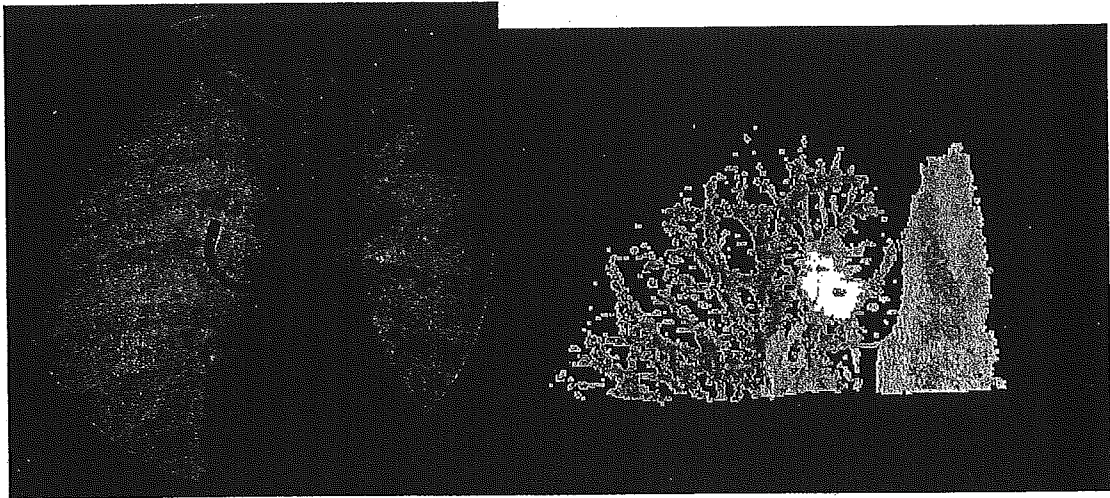


図6 ガイディングカテーテルを用いた経気管支生検
右：S1bの孤立肺野病変。3D-CTで病変に関与する責任気管支は娘枝であることがわかる（責任気管支を橙色，病変を黄色で表示）。

は診断困難と思われる。

6 病変の大きさと検査成績

病変の大きさと検査成績についてこれまでに述べた方法を組み合わせて生検を行った症例について検討を行った。2005年1月から8月までの高分解能CTで最大径2cm以下で経気管支生検が行われた孤立性肺野病変38例では、感度90%、正診率95%を得ており、大きさが2cm以下の病変でも十分経気管支生検の適応と考えられる。ただし、サイズが小さくなると責任気管支の同定が困難になりやすいと考えられ、特にサイズが小さい病変に対して経気管支生検を考慮する場合には、MPR画像や3D-CT画像で経気管支アブ

ローチが可能であるか詳細に検討する必要がある。

まとめ

低線量 CT 検診の普及により小型の孤立性肺野病変が発見されるようになり、経気管支生検や経皮生検をせずに VATS や開胸生検になるケースが増えている。また、マルチスライス CT によりぶれの少ない高分解能 CT 撮影ができるようになり CT による診断能が高まったことも経気管支生検を省略する原因として挙げられると考えられる。しかし、Evidence-based Medicine (EBM) の手法による肺癌の診療ガイドライン策定に関する研究班では、肺癌手術前に確定診断を行うのが望ましい (グレード A) としており¹⁾、経気管支生検で診断可能と考えられる病変に対しては、積極的に本法を適応するべきである。

文献

- 1) Evidence-based Medicine (EBM) の手法による肺癌の診療ガイドライン策定に関する研究班・編。EBM の手法による肺癌診療ガイドライン 2003 年版, 金原出版, 東京, 2003
- 2) 遠藤正浩, 高田佳木, 大林加代子・他: 2 cm 以下の末梢小型肺癌に対する経気管支診断と病理診断に関する考察. *肺癌* 39: 821-827, 1999
- 3) Manhire A, Charig M, Clelland C, et al: Guidelines for radiologically guided lung biopsy. *Thorax* 58: 920-936, 2003
- 4) Spagnolo SV: The Diagnostic Strategy for Lung Cancer. *Chest* 117: 1219-1220, 2000
- 5) Herth FJ, Becker HD, Ernst A: Ultrasound-Guided Transbronchial Needle Aspiration. *Chest* 123: 604-607, 2003
- 6) White CS, Weiner EA, Patel P, et al: Transbronchial Needle Aspiration: Guidance With CT Fluoroscopy. *Chest* 118: 1630-1638, 2000
- 7) 柴 光年, 馬場雅行, 山下久美・他: 末梢肺癌の細胞診—特に TBLB, TBAC を中心とした術前診断法の検討. *日胸疾会誌* 24: 417-422, 1986
- 8) Bando S, Fujita S, Tojo Y, et al: Diagnostic Accuracy and Safety of Flexible Bronchoscopy With Multiplanar Reconstruction Images and Ultrafast Papanicolaou Stain: Evaluating Solitary Pulmonary Nodules. *Chest* 124: 1985-1992, 2003
- 9) Katada K, Kato R, Anno H, et al: Guidance with real-time CT-fluoroscopy: early experience. *Radiology* 200: 851-856, 1996
- 10) Kobayashi T, Shimamura K, Hanai K, et al: Computed tomography-guided bronchoscopy with an ultrathin fiberoptic. *Diagn Ther Endosc* 2: 229-232, 1996
- 11) 栗本典昭, 長田博昭, 宮澤輝臣・他: 肺末梢病変の診断における気管支腔内超音波断層法の有用性. *気管支学* 27: 290-295, 2005
- 12) 楠 洋子, 瀧藤伸英, 高田 実・他: 肺野孤立性陰影に対する気管支鏡検査の役割—経気管支的腫瘍生検 (TBLB) を中心に. *気管支学* 13 (suppl): 92-97, 1991
- 13) 中田正幸, 木村一博, 北條貴子・他: 肺野孤立性陰影に対する経気管支的生検組織診断率の検討. *気管支学* 19: 379-382, 1997
- 14) Baaklini WA, Reinoso MA, Gorin AB, et al: Diagnostic yield of fiberoptic bronchoscopy in evaluating solitary pulmonary nodules. *Chest* 117: 1049-1054, 2000
- 15) Chechani V: Bronchoscopic diagnosis of solitary pulmonary nodules and lung masses in the absence of endobronchial abnormality. *Chest* 109: 620-625, 1996

(土田敬明)

付けられる。腋窩リンパ節郭清による利点は、①癌の局所コントロールが可能になること、②リンパ節転移は最も重要な予後因子であり正確な病期診断ができること、③リンパ節転移の有無によって術後の補助化学内分泌療法が選択されること、などが挙げられる。反面、最近では組織学的リンパ節転移陰性であっても腫瘍本体の悪性度などによって補助化学内分泌療法は選択されること、や早期乳癌症例では4人中3人が実際に腋窩リンパ節転移がないという事実も明らかである。また、腋窩リンパ節郭清に伴う術後の患側上肢の後遺症（浮腫、疼痛、挙上障害、知覚障害、だるさなど）は今日でも対症療法しかなく、患者のQOLを著しく低下させている。

乳癌におけるセンチネルリンパ節生検は、1993年にKragが放射性薬剤を用いて²⁾、1994年にGiulianoが色素法を用いて報告して以来³⁾、この仮説の正当性・信頼性を検証する臨床研究が進められてきた。センチネルリンパ節生検におけるfeasibility studyの代表的な結果を示す（表4-6）⁴⁻¹⁰⁾。90%以上の同定率と95%以上の正診率、さらに腋窩リンパ節転移陽性症例の約半数がセンチネルリンパ節転移のみであるという事実から、この仮説は実証されたものと考えられ、本邦においても急速に普及してきた。現在、臨床的リンパ節転移陰性乳癌を対象として腋窩リンパ節郭清とセンチネルリンパ節生検とを比較する第Ⅲ相臨床比較試験（ACOSOG-Z0010、Z0011、NSABP-B32、EORTC10981）が実施されておりその結果が待たれる。

■ 実施基準

センチネルリンパ節生検では、放射性製剤や色素を用いてセンチネルリンパ節を同定する。センチネルリンパ節生検で用いられる色素によるアレルギー反応は数%発生することが報告されている¹¹⁾。従って色素の投与は充分に注意して行うべきである。放射性製剤による患者の被曝線量は、現行の核医学検査をはるかに下回る線量であるため、これの投与

D. センチネルリンパ節生検法

Halsted法に始まる近代的な乳癌の外科手術は、胸筋切除から胸筋温存へ、乳房全切除から乳房温存へと変遷してきた。しかし、腋窩リンパ節郭清は現在も標準的外科治療として行われている¹⁾。1990年代前半から、乳癌におけるセンチネルリンパ節生検は欧米を中心にその同定法と診断法について検証が進められてきた。センチネルリンパ節は腫瘍からのリンパ流を直接受けるリンパ節と定義される（図4-30）。センチネルリンパ節に組織学的に転移を認めなければ、腋窩リンパ節郭清を行わずにセンチネルリンパ節生検のみの腋窩リンパ節非郭清が可能となるかもしれない。今日でも腋窩リンパ節郭清は乳癌の標準的な外科治療に位置

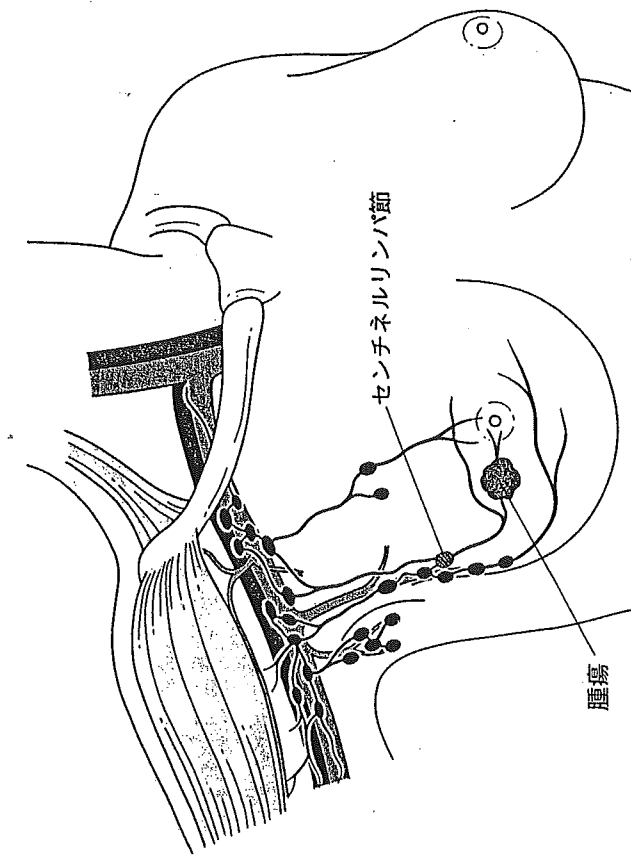


図4-30 腫瘍からのリンパ流を受けるセンチネルリンパ節