

CASE REPORT

術前気管支鏡下肺マッピング法 (VAL-MAP ; virtual-assisted lung mapping) を用い、微小な ground-glass nodule (GGN) に対して完全鏡視下切除を行った 1 例

山梨恵次¹・徳野純子¹・住友亮太¹・
庄司 剛¹・佐藤雅昭²・黄 政龍¹

A Case of Thoracoscopic Wedge Lung Resection of Small-sized Ground-glass Nodules Using Virtual-assisted Lung Mapping

Keiji Yamanashi¹; Junko Tokuno¹; Ryota Sumitomo¹;
Tsuyoshi Shoji¹; Masaaki Sato²; Cheng-Long Huang¹

¹Department of Thoracic Surgery, Tazuke Kofukai Foundation, Medical Research Institute, Kitano Hospital, Japan;

²Department of Thoracic Surgery, Kyoto University Hospital, Japan.

ABSTRACT — **Background.** It has recently been suggested that virtual-assisted lung mapping (VAL-MAP) may enable more reliable and safer intraoperative navigation than conventional preoperative lung marking strategies. We herein report a case of thoracoscopic wedge lung resection of small-sized ground-glass nodules (GGNs) using VAL-MAP. **Case.** A 63-year-old man who had undergone treatment for prostate cancer presented with two small-sized peripheral GGNs in the right upper lobe. A follow-up chest CT scan of the patient nine months later demonstrated an increase in the size of the two GGNs. Due to the patient's severe renal insufficiency, we decided to perform thoracoscopic wedge lung resection using VAL-MAP. Intraoperatively, four blue markings were clearly visible on the right upper lobe, and the two lesions were successfully resected with single wedge resection along the markings as Merkmal. The pathological diagnosis was adenocarcinoma *in situ*. The patient's postoperative course was uneventful, and he remains well after one year, with no evidence of recurrence. **Conclusions.** We herein reported a case of thoracoscopic wedge lung resection of small-sized GGNs that was performed using VAL-MAP. VAL-MAP is a novel and useful strategy for detecting small-sized peripheral lung lesions with a high degree of reliability and safety.

(JJLC. 2015;55:206-211)

KEY WORDS — Virtual-assisted lung mapping (VAL-MAP), Ground-glass nodule (GGN), Wedge lung resection, Adenocarcinoma *in situ*

Received February 5, 2015; accepted June 1, 2015.

要旨 — **背景.** 従来の術前肺マーキング法と異なり、複数個所にマーキングを施し、肺に「地図」を描くバーチャル気管支鏡ナビゲーションを利用した術前気管支鏡下肺マッピング法 (VAL-MAP) には、より確実・安全な手術支援が期待される。VAL-MAP を用い、微小な GGN に対して完全鏡視下切除を行った症例を報告する。**症例.** 63 歳男性。前立腺癌の術前精査のために撮影された胸部 CT で、右肺上葉の胸膜直下に GGN を 2 ヶ所指摘され、

当科紹介となった。9 ヶ月後の胸部 CT で GGN の増大を認め、手術による切除の方針とした。末期腎不全患者であり、VAL-MAP を用いた肺部分切除の適応とした。手術は 3 ポートによる完全鏡視下手術で行った。右肺上葉に 4 ヶ所のマーキングを確認し、それらをメルクマールとし、2 つの病巣をそれぞれ部分切除した。それぞれの切除標本内に病変を確認し、手術終了とした。術後経過は良好であった。永久病理診断はともに adenocarcinoma

¹公益財団法人田附興風会医学研究所北野病院呼吸器外科；²京都大学医学部呼吸器外科。

受付日：2015 年 2 月 5 日，採択日：2015 年 6 月 1 日。

*in situ*であった。術後1年現在、再発なく経過観察中である。結論、従来の術前肺マーキング法と比較して VAL-MAPは、確実性と安全性を兼ね備えた有用なマーキング法であると考えられる。

はじめに

近年、画像技術の進歩に伴い、触知困難と考えられる小型肺病変の発見が増加し、術中の病変位置同定の目的で様々な術前肺マーキング法が試みられている。¹⁻¹⁰ 従来の術前肺マーキング法と異なり、複数個所にマーキングを施し、肺に「地図」を描くバーチャル気管支鏡ナビゲーションを利用した術前気管支鏡下肺マッピング法 (VAL-MAP; virtual-assisted lung mapping) は、より確実・安全な手術支援が期待される。^{11,12} 今回我々は VAL-MAPを用い、微小な ground-glass nodule (GGN) に対して完全鏡視下切除を行った1例を経験したので、報告する。

症例

症例：63歳、男性。

主訴：胸部異常陰影。

既往歴：前立腺癌 (62歳時、前立腺精嚢全摘術施行、術後放射線療法後、ホルモン療法中)、腎硬化症、慢性腎不全。

喫煙歴：20~30歳 (20本/日)。

現病歴：2012年11月、前立腺癌の術前精査のために撮影された胸部CTで、右肺上葉の胸膜直下に長径2 mm (S¹) と長径5 mm (S²) のGGNを指摘され当科紹介となり、胸部CTにて経過観察を行った。9ヵ月後の胸部CTでGGNの増大を認め、診断的な意味も含め、手術目的に入院となった。

入院時現症：身長165.8 cm、体重59.8 kg、SpO₂ 99% (室内気)、体温36.8°C、血圧138/80 mmHg、脈拍67 (整)、肺野に明らかな雑音を聴取せず。表在リンパ節は触知せず。

血液検査所見：BUN 107 mg/dl (正常値：8~20)、Cre 6.96 mg/dl (正常値：<1.3)、eGFR 7 ml/min/1.73 m² (正常値：>90)、Hb 9.7 g/dl (正常値：13.5~17.6) と、腎機能障害および腎性貧血を認めたが、その他は正常範囲内であった。

呼吸機能検査所見：VC 3.73 l、%VC 99.2%、FEV_{1.0} 3.06 l、FEV_{1.0%} 80.95% と正常範囲内であった。

胸部CT所見：右肺上葉S¹の胸膜直下に長径4 mmのGGN、S²の胸膜直下に8 mmのGGNを認め (Figure

索引用語—— Virtual-assisted lung mapping (VAL-MAP)、Ground-glass nodule (GGN)、肺部分切除、Adenocarcinoma *in situ*

1)、ともに9ヵ月前のCTと比較して増大していた。

末期腎不全患者であり、微小なGGNであるため、肺部分切除の適応とした。また、触知困難と考えられる微小なGGNであるため、VAL-MAPを施行した。

VAL-MAP：手術前日に施行した。施行前に胸部CT画像をもとに3-D画像解析ソフト (Synapse Vincent[®]) を用いて病巣近傍の細気管支末梢をそれぞれ同定し、2つのGGNを囲むようにマーキングを計4ヵ所デザインした (Figure 2A)。バーチャル気管支鏡ナビゲーション (Synapse Vincent[®]) を用い、経気管支鏡的にインジゴカルミン1 mlを各胸膜直下へ計4ヵ所注入した。注入後のインジゴカルミンは、胸部CT画像でGGNおよび気管支拡張像として容易に認識できた (Figure 2B)。マッピング後の胸部CT画像をもとに3-D画像解析ソフトを用い、マッピングを再構成した。再構成したマッピングは、予定マッピングと多少のずれはあったが、ほとんど同様の位置であった (Figure 2C)。

手術所見：3ポートによる完全鏡視下手術で行った。右肺上葉に4ヵ所のマーキングを確認し (Figure 3A, 3B, 3C)、それらをメルクマールとした。S²のGGNを触診にて同定したが、S¹のGGNは触知困難であり、S¹のGGNを第一に切除する方針とした。マーキング②、③、④をメルクマールとし、S¹のGGNの位置を推定した。マーキング④よりエントリーし、マーキング②の頭

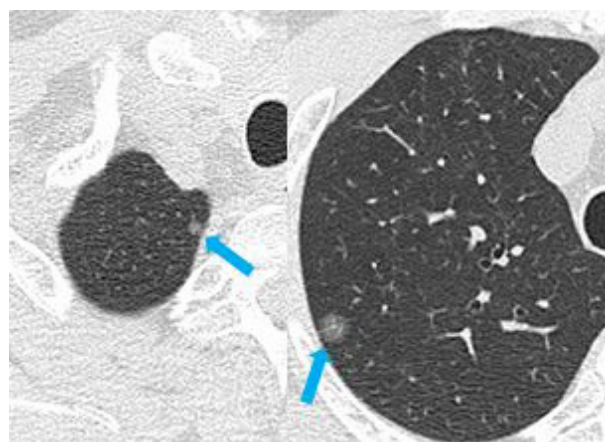


Figure 1. Chest CT showed two small-sized peripheral ground-glass nodules (S¹; 4 mm in diameter, S²; 8 mm in diameter).

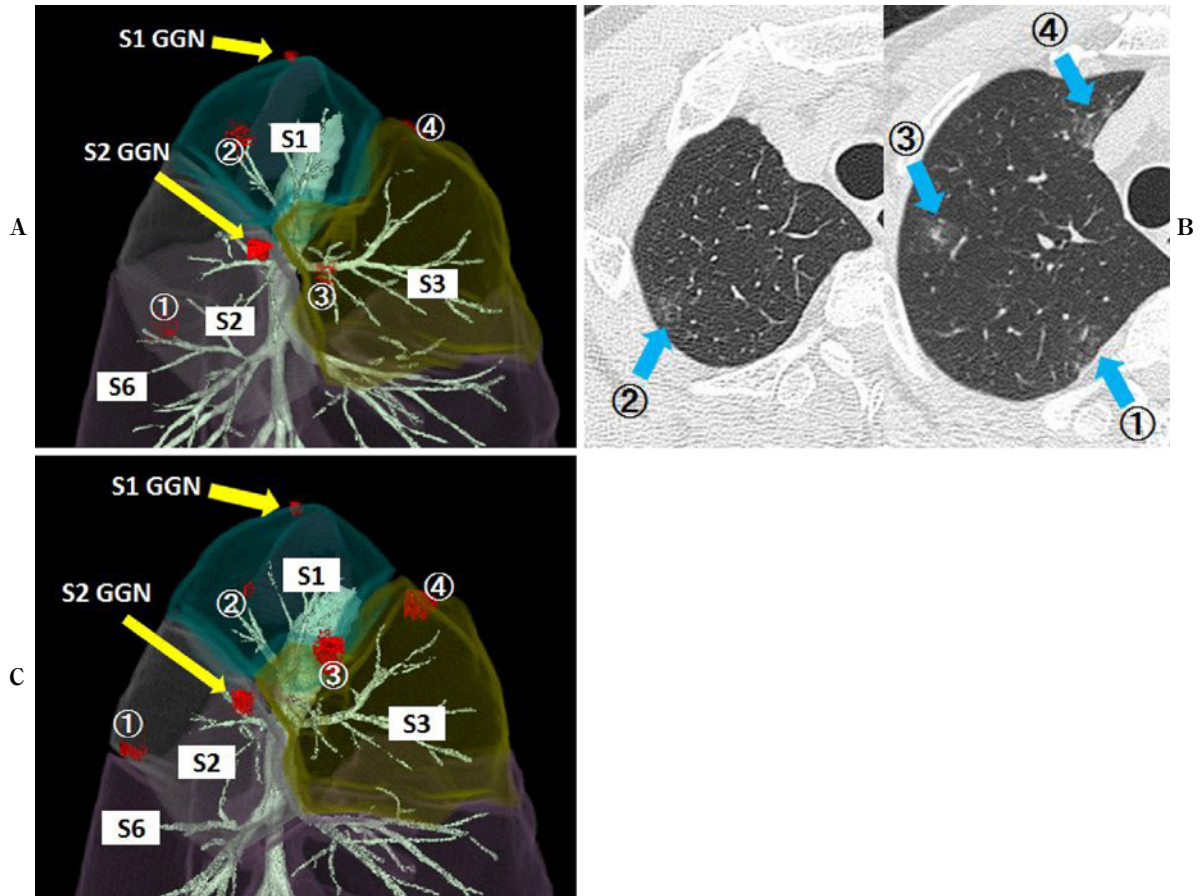


Figure 2. **A:** Pre-VAL-MAP 3D-CT image showed four markings (1-4) on the right upper lobe around the two ground-glass nodules. **B:** Post-VAL-MAP CT image clearly showed four markings (1-4) as new areas of ground-glass opacity with bronchial dilation. **C:** Post-VAL-MAP 3D-CT image showed four markings (1-4) with positions similar to those observed on the Pre-VAL-MAP 3D image.

側へ向けて部分切除した (Figure 3D). マーキング①, ②, ③) をメルクマールとし, 10 mm 程度のマージンを確保し, S² の GGN を部分切除した (Figure 3E). それぞれの切除標本内に病変を確認し, 手術終了とした. 手術時間は 66 分であった.

術後病理組織学的所見: 右肺上葉 S¹ の病巣は最大径 4 mm の adenocarcinoma *in situ*, S² の病巣は最大径 8 mm の adenocarcinoma *in situ* の診断であった (Figure 4). とともに胸膜浸潤・肺内転移・脈管侵襲は認められず, 切除マージンは腫瘍長径以上確保 (S¹ の病巣は 6 mm, S² の病巣は 10 mm) されており, 切除断端は陰性であった.

術後経過: 術後経過は良好で腎機能障害の悪化を認めず, 術後 10 日目に退院となった. 術後約 9 ヶ月目に慢性腎不全の悪化のため, 血液透析療法開始となった. 術後 1 年現在, 再発なく経過観察中である.

考 察

画像技術の進歩に伴い, 触知困難と考えられる小型肺

病変の発見が増加している. それに伴い, 本症例のような小型肺病変の一種である微小な GGN に対しての手術適応, 切除マージン, 病変位置同定法はしばしば問題となる. GGN の手術適応に関しては, 10 mm 以下でも経過観察中に増大や濃度上昇が認められた場合は, 外科的切除の適応があり得るとされている.^{13,14} また, 非小細胞肺癌切除の際の切除マージンに関しては, Sawabata ら¹⁵ は腫瘍長径以上を推奨している. 本症例も, それらに従い肺部分切除を行った.

術中の病変位置同定法に関しては, 様々な術前肺マーキング法が試みられている.¹⁻¹⁰ 術前肺マーキング法には, 主に経皮的 CT ガイド下マーキング法と経気管支的マーキング法がある. 経皮的 CT ガイド下マーキング法には, フックワイヤー,¹ 色素,² 造影剤 (リピオドール®),³ マイクロコイル⁴ の使用が報告されている. これらに共通した合併症として, 気胸・出血・空気塞栓などが報告されており, 特に重篤なものとして懸念されるのが, 空気塞栓に続発する脳梗塞や心筋梗塞である.⁵ 空気

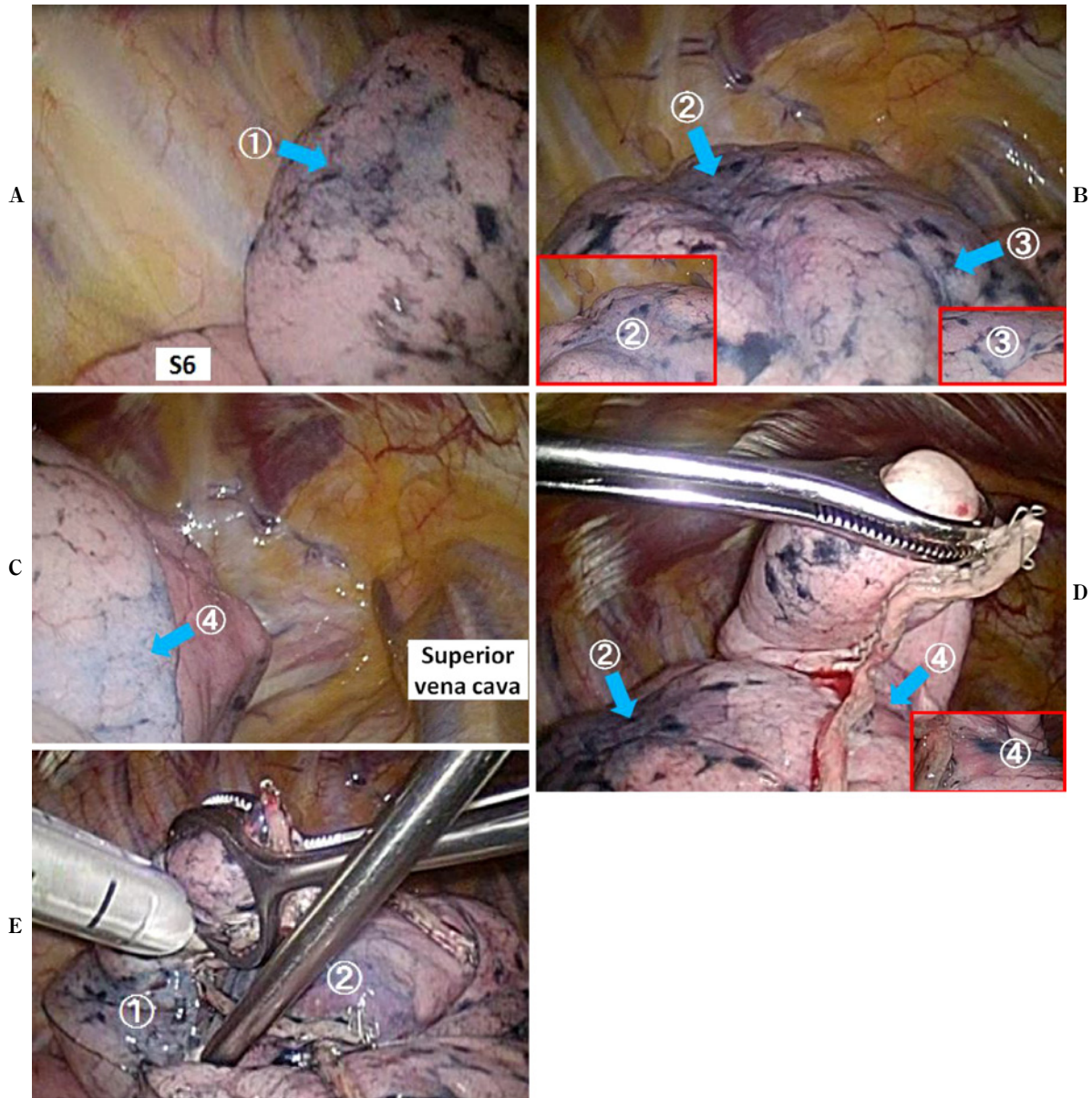


Figure 3. A-C: Intraoperative view showed four blue markings (1-4) on the right upper lobe. D: The S¹ lesion was resected with single wedge resection along the markings (2-4) as Merkmal. E: The S² lesion was resected with single wedge resection along the markings (1-3) as Merkmal.

塞栓の正確な発症頻度は不明だが、1.5~2%との報告がある。^{5,6} 検索し得る限り、この合併症を防ぐ有効な方法は報告されておらず、本法による術前マーキングの適応は慎重に行うべきと考えられる。一方、経気管支的マーキング法には、色素,⁷ バリウム,⁸ 造影剤 (リピオドル®),⁹ コイル¹⁰ の使用が報告されている。これらの方法では、重篤な合併症は報告されていない。しかし、気管支鏡操作とCT撮影を並行して行うため検査終了までに長時間を要する、病変の位置によりマーキング操作が難渋し検査施行に熟練を要する、という問題点がある。ま

た、バリウム・造影剤・コイルは術中確認に透視が必要となること、マーキングが手術で切除されなかった場合に異物として肺内に長期残存することがどのような影響を及ぼすのかが、問題となり得る。

近年、それらの問題点を克服し、確実かつ安全な手術を行うための新たな術前肺マーキング法 VAL-MAP の有用性が報告された。^{11,12} VAL-MAP の手順であるが、施行前に、胸部 CT 画像をもとに 3-D 画像解析ソフトを用いて病巣近傍の細気管支末梢をそれぞれ同定し、手術計画に応じてマーキング部位をデザインする。バーチャ

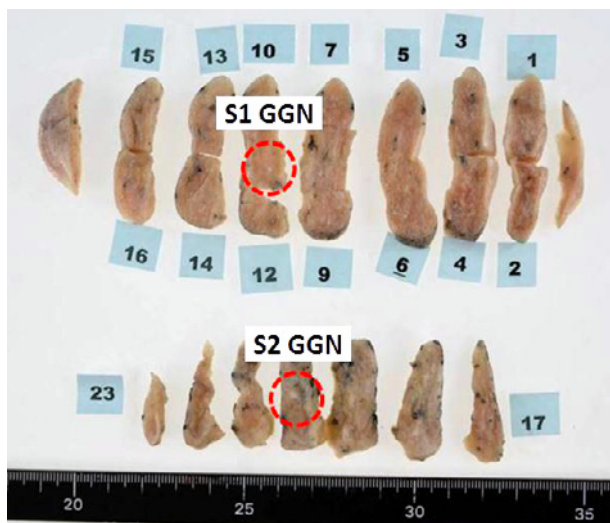


Figure 4. Macroscopically, the resected specimens showed two small lesions (S¹; 4 mm in diameter, S²; 8 mm in diameter) in the circles. The pathological diagnosis was adenocarcinoma *in situ*.

ル気管支鏡ナビゲーションをガイドに予定マーキング部位に向けて、経気管支鏡的にインジゴカルミン 1 ml を各胸膜直下へ注入する。施行後に、胸部 CT 画像を撮影し、それをもとに 3-D 画像解析ソフトを用いてマッピングを再構成する。胸部 CT 撮影の時期であるが、既報ではマッピング後 2 時間以内に撮影されており、¹¹ 当院では施行後 30 分以内に撮影している。手術を行う時期であるが、既報ではマッピング後 48 時間以内であれば術中のマッピング視認性は良好であったとされており、¹² 当院では翌日に手術を施行している。

従来の経気管支的マーキング法と比較して VAL-MAP には、気管支鏡操作と CT 撮影を並行して行う必要がない、バーチャル気管支鏡ナビゲーションを利用して比較の容易にマーキング操作が行える、マーカーはインジゴカルミンであり安全性が確保されている、などの利点がある。マーキングを行った位置が予定したマーキング位置とずれていた場合も、マッピング後に CT 撮影を行うため、この時点でマッピングを再構成して、切離ラインなどの修正が可能である。^{11,12} 本症例でも、予定マッピングと再構成後のマッピングに多少誤差が生じたが、再構成後のマッピング画像をもとに部分切除のラインを修正した。

本症例では 2 個の微小な末梢型 GGN の切除を目的としており、特に S¹ における 4 mm の病巣は術中も触知困難であったが、VAL-MAP を使い、それぞれの位置を同定し、切除マージンを十分に確保して、完全鏡視下で完全切除できた。また、マーキングを利用することによっ

て手術時間も 66 分と短時間で、術後に腎機能障害の悪化なく経過した。よって、本症例のような、触知困難な末梢型 GGN の部分切除の際や、重篤な術前併存症があり手術時間を短縮したい症例において、VAL-MAP は特に有用であると考えられる。一方、解剖学的区域切除を要する深部の GGN を切除する場合も、VAL-MAP を活用することによって、腫瘍から十分なマージンを確保した区域切離ラインを設定することが可能である。¹²

結 論

VAL-MAP を使い、微小な GGN に対して完全鏡視下切除を行った 1 例を経験した。従来の術前肺マーキング法と比較して VAL-MAP は、確実性と安全性を兼ね備えた有用なマーキング法であると考えられる。

本論文内容に関連する著者の利益相反：なし

REFERENCES

1. Dendo S, Kanazawa S, Ando A, Hyodo T, Kouno Y, Yasui K, et al. Preoperative localization of small pulmonary lesions with a short hook wire and suture system: experience with 168 procedures. *Radiology*. 2002;225:511-518.
2. 茅野修二, 栗山啓子, 磯橋佳也子, 村田昌之, 三谷 尚, 津田 恭, 他. 色素注入による肺腫瘍術前 CT 下マーキング. *日本医学放射線学会雑誌*. 2003;63:308-310.
3. Nomori H, Horio H, Naruke T, Suemasu K. Fluoroscopy-assisted thoracoscopic resection of lung nodules marked with lipiodol. *Ann Thorac Surg*. 2002;74:170-173.
4. Lizza N, Eucher P, Haxhe JP, De Wispelaere JF, Johnson PM, Delaunoy L. Thoracoscopic resection of pulmonary nodules after computed tomographic-guided coil labeling. *Ann Thorac Surg*. 2001;71:986-988.
5. 近藤 健, 徳永義昌, 齊藤正男, 中川達雄. CT ガイド下マーキングによる空気塞栓の 2 例. *日本呼吸器外科学会雑誌*. 2012;26:729-733.
6. 松浦陽介, 渡 正伸. CT ガイド下肺穿刺後に心腔内空気塞栓を生じた 2 症例. *日本呼吸器外科学会雑誌*. 2010;24:967-971.
7. Krinsky WS, Minnich DJ, Cattaneo SM, Sarkar SA, Harley DP, Finley DJ, et al. Thoracoscopic detection of occult indeterminate pulmonary nodules using bronchoscopic pleural dye marking. *J Community Hosp Intern Med Perspect*. 2014;4. doi: 10.3402/jchimp.v4.23084
8. 山田崇央, 小山泰規, 升井朝美, 田宮暢代, 細木誠之, 平松 真, 他. 肺小型病変に対する気管支鏡下バリウムマーキングの有効性と安全性の検討. *気管支学*. 2009;31:62-67.
9. 深澤基兄, 三沢昌史, 阿部 大, 武士昭彦. 術中同定困難な肺末梢小型 ground-glass opacities (GGO) に対する EBUS-GS および気管支ナビゲーションシステムを用いたマーキング法. *気管支学*. 2014;36:7-11.
10. Toba H, Kondo K, Miyoshi T, Kajiura K, Yoshida M, Kawakami Y, et al. Fluoroscopy-assisted thoracoscopic

resection after computed tomography-guided bronchoscopic metallic coil marking for small peripheral pulmonary lesions. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2013;44:e126-e132.

11. Sato M, Yamada T, Menju T, Aoyama A, Sato T, Chen F, et al. Virtual-assisted lung mapping: outcome of 100 consecutive cases in a single institute. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2015;47:e131-e139.
12. 佐藤雅昭. 小型肺癌の術中局在同定法—術前マーキング法と virtual-assisted lung mapping—. *肺癌*. 2014;54:835-842.
13. 小原則博, 井上啓爾, 石松祐二, 高谷 洋, 道津安正, 河合紀生子. 多発性の異型腺腫様過形成 (AAH) を合併した両側多発肺癌の 1 例. *肺癌*. 2004;44:107-111.
14. 上野孝男, 岩崎昭憲, 山本 聡, 白石武史, 平塚昌文, 吉永康照, 他. 10mm 以下末梢小型肺腺癌切除症例の検討. *日本呼吸器外科学会雑誌*. 2007;21:776-783.
15. Sawabata N, Ohta M, Matsumura A, Nakagawa K, Hirano H, Maeda H, et al. Optimal distance of malignant negative margin in excision of nonsmall cell lung cancer: a multicenter prospective study. *Ann Thorac Surg*. 2004;77:415-420.