

標準的な肺癌根治手術

—全摘とリンパ節郭清—

大出泰久¹・近藤晴彦¹・奥村武弘¹・中川加寿夫¹

要旨 — 近年、画像診断の進歩や検診普及率の向上などにより以前に比し、比較的早期に肺癌が発見されることが多くなったこと、気管支形成術等の手術手技の向上により肺全摘術が必要な症例が減少しつつある。また肺全摘術後のQOLの著しい低下を考慮し、可能な限り肺全摘術を回避する傾向にある。しかし、肺全摘術が必要な症例は必ず存在し、基本的手術手技として習得しておかなければならない。本稿では標準的な肺全摘術と題し、肺全摘術の手術適応や基本的手術手技について解説した。(肺癌. 2005;45:215-220)

索引用語 — 肺癌, 手術, 肺全摘術, リンパ節郭清, 左房

Standard Surgical Techniques for Lung Cancer: Pneumonectomy With Systematic Nodal Dissection

Yasuhisa Ohde¹; Haruhiko Kondo¹; Takehiro Okumura¹; Kazuo Nakagawa¹

ABSTRACT — In recent years, the number of patients in whom pneumonectomy is required is gradually decreasing due to advances in diagnostic imaging and increased frequency of health screening that has facilitated relatively early detection of lung cancer, and due to improved techniques for surgery such as bronchoplasty. Considering the marked decreases in QOL after pneumonectomy, most surgeons tend to avoid the indication of pneumonectomy when possible. However, since there are always some patients in whom pneumonectomy is required and is the most appropriate treatment, surgeons should master the procedure of pneumonectomy as a basic surgical technique. In this paper, we described the indications and basic techniques for pneumonectomy under the title of Standard Surgical Techniques of Pneumonectomy. (*JJLC*. 2005;45:215-220)

KEY WORDS — Lung cancer, Surgery, Pneumonectomy, Nodal dissection, Left atrium

はじめに

近年、比較的早期の肺癌が多くなったことや手術手技の向上などにより、肺全摘術が必要な症例は減少している。また、術後のQOLの面からも肺全摘術は可能な限り回避すべきである。しかし、肺全摘が最も推奨される治療である症例も必ずあり、肺全摘術は呼吸器外科医にとって必ず習得しておかなければならない基本的手術手

技である。本稿では標準的な肺全摘術と題し、肺全摘術の手術適応や基本的手術手技について解説する。

手術適応と術前評価

基本的な肺全摘術の適応は、癌腫あるいは転移リンパ節が肺門中枢に及び肺葉切除では解剖学的にも腫瘍学的にも完全切除が不可能で、肺全摘なら完全切除が可能な症例となる。ただし、肺全摘術はQOLの低下が大きい

¹静岡県立静岡がんセンター呼吸器外科。

別刷請求先：大出泰久，静岡県立静岡がんセンター呼吸器外科，〒411-8777 静岡県駿東郡長泉町下長窪 1007 番地 (e-mail: y.ode@scchr.jp)。

¹Division of Thoracic Surgery, Shizuoka Cancer Center, Japan.

Reprints: Yasuhisa Ohde, Division of Thoracic Surgery, Shizuoka Cancer Center, 1007 Shimonagakubo, Nagaizumi-cho, Sunto-gun, Shizuoka 411-8777, Japan (e-mail: y.ode@scchr.jp).

Received April 18, 2005; accepted April 19, 2005.

© 2005 The Japan Lung Cancer Society

め、可能な限り気管支形成や血管形成などの手術手技を駆使して、肺全摘術を回避して完全切除ができないかをよく検討する必要がある。

侵襲の大きな手術であるだけに、術前の病期診断はより慎重に行うべきである。例えばN2症例では少なくとも手術単独では予後不良であるため適応は慎重に考えなくてはならない。必要に応じて縦隔鏡やPETなどを行いN因子の評価のほか、occultな遠隔転移の有無なども十分検索しなければならない。更にresectabilityと術式を考えるうえで腫瘍の中核側への浸潤範囲、肺動脈・肺静脈への浸潤、大血管や隣接臓器(左房、椎体、食道など)浸潤、気道内進展などの評価が重要である。これらの評価は手術適応の判断、予定術式の決定、そして手術の準備に必要不可欠である。

解剖学的、腫瘍学的に肺全摘が適切であれば、次に機能的に耐術能があるか否か判断する。特に呼吸機能、心機能の評価は必須である。最も頻用されている呼吸機能の限界値としては術前1秒量で2000 ml、術後予測残存肺機能で1秒量(FEV_{1.0})が1000 mlである。^{1,2} スパイロメトリーと肺換気血流シンチによる評価が一般的であるが、心機能を含めた評価として一側肺動脈閉塞試験(UPAO: unilateral pulmonary artery occlusion test)を行う施設もある。心機能評価としては、特に循環系のリスクがなければ負荷心電図、心エコーを行うのが一般的である。また、右肺全摘では左肺全摘より心肺機能などの身体的負担は大きいので、手術適応を考える際に考慮する。

手術手技

1. 審査胸腔鏡

開胸に先だって審査胸腔鏡を行う。第7～8肋間で中腋窩線上に胸腔鏡を挿入し、胸腔内癒着の有無、胸水の有無、胸膜病変の有無等を観察する。胸水を認める場合は採取し、胸水の迅速細胞診を行う。胸膜播種や悪性胸水が存在する場合は根治切除を行わない。

2. 開胸

第5肋間での後側方開胸が最も多く用いられる開胸法である。広い術野が確保される、肺門への到達が容易である、開胸創の延長が容易であることなどが他の開胸法より有利である。広背筋、前鋸筋を切離し、症例によっては僧帽筋や菱形筋なども部分的に切離する。肋骨は後方で1本、場合により2本切断して十分な開胸窓を得る。肺全摘術を予定するような手術の場合、十分な視野の確保とより安全な操作が求められるため、創の大きさに拘らず十分大きな術野を確保することが大事である。一方、病変の進展範囲や合併切除、血管や気道再建など、予想される付随手技によっては胸骨正中切開が有利なことも

あるので症例によって検討する。

3. 開胸所見

開胸が終了した時点で、再度胸腔内の評価を行う。病巣の進展範囲、resectability、至適術式の決定など最終方針の決定を行う。ただし、肺門部の状況によっては、開胸時では判断不可能で手術を進めながら判断しなければならないこともある。したがって、本当に切除可能と判断ができるまで血管や気管支の処理は行わず、剥離と確保のみにとどめておかなければならない。胸膜播種がなく、胸腔洗浄細胞診のみ陽性的の場合、切除するか否かの判断は意見が分かれるが、我々は明らかな胸膜播種がなければ絶対的非適応とはならないと考えている。

4. 血管・気管支処理の順序

理論的に癌細胞の静脈から全身へのドレナージを早期に防ぐという考えで、最初に肺静脈の処理を行うようにしている。しかし、肺全摘術では巨大な腫瘍や肺門浸潤などのため、肺門操作は肺葉切除より難しいことが多い。そのため、血管や気管支の処理はその順序に拘ることなく、より安全な順序と方法で行うべきであり、症例によりフレキシブルに考える。したがって、場合によっては血管の処理に先行して気管支の処理を行うこともある。

5. 縦隔胸膜の切開

縦隔胸膜を肺門周囲の全周にわたって切開する。この際、肺門前方で横隔神経を、後方で迷走神経をテーピングして確保する。

6. 肺静脈の処理

腫瘍が肺門に及んでいるか非常に近接していることが多いので、肺門操作はより慎重に、そして丁寧に行う。特に、上肺静脈は肺動脈やそのほかの重要臓器に近接しており、肺門の展開の際に注意が必要である。

通常、肺門腹側で横隔神経をテーピングし、横隔神経から背側の脂肪織を切除側へ剥き上げるように郭清しながら肺静脈壁を露出させる。これは脂肪織を含めた系統的郭清のためというよりも、確実に安全に肺静脈壁を露出させることができるためである。特に肺門周囲が腫瘍や炎症などで層構造などが分かりにくい場合には有効である。それでも静脈壁の露出が難しい場合には、心嚢を開けることにより心嚢内から安全に確認することができる。肺靱帯を結紮切離し、食道壁、左房壁を露出させるように#9、#8、#10のリンパ節を郭清しながら、上・下肺静脈をそれぞれ剥離露出させる。この時に#7リンパ節領域も先に郭清しておくことによって肺静脈を更に確実に安全に露出させることができる。

肺静脈の切離には簡便さから近年自動縫合器を用いることが多いが、腫瘍が肺静脈根部に近接しているときには不適當である。この場合は結紮縫合を行う。左房からの距離が確保できても自動縫合器で一括処理を行うと切

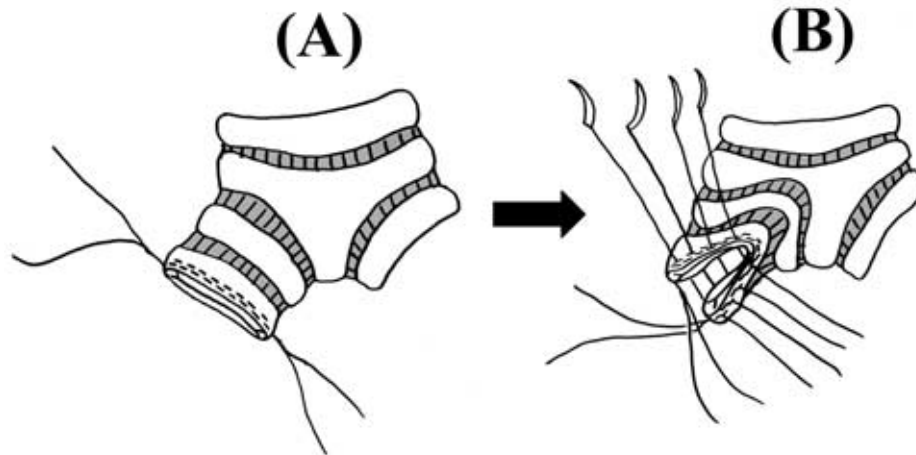


Figure 1. After closing the stump of the right main bronchus with a stapler by the Sweet method (A), the bronchial stump is folded with interrupted sutures according to the Overholt method (B).

除側の肺門が開かないため、後の操作が難しくなることがある。この場合は中枢を一括して、末梢は可能なら各分枝まで剝離露出させて分枝レベルで結紮切離する方がよい。左房からの距離が全く取れないときは心嚢を切開して肺静脈の心嚢内処理を考える。場合によっては左房の合併切除を行うこともある。

7. 肺動脈の処理

肺静脈と同様に肺全摘術が必要な症例は肺門に大きな腫瘍があることが多く、剝離の方向や緊張のかけ方などに十分注意しないと肺動脈の致命的な損傷を招く。そのため、十分愛護的に剝離操作を進め、肺動脈を全周にわたって十分長く露出させることが必要である。十分な剝離は緊張のかからない安全な肺動脈処理に必要不可欠であり、万が一、血管損傷などのトラブルが生じた場合にも事前に十分なワーキングスペースを確保しておくことで確実にリカバリーショットを打つことができる。特に肺動脈の後面はよく確認しながら剝離を進め、十分剝離した時点でテーピングする。この際もいきなり鉗子を通さず、裏を確認したうえで、指などをガイドにして先端が比較的鈍な鉗子を通す必要がある。左肺全摘の際、腫瘍が肺動脈根部に近接している、切離が難しい場合にはポタロー靭帯を切離すると距離が稼げる。それでも距離が稼げない時には左主肺動脈前面の心嚢を切開すると更に主肺動脈が長く露出される。この時、右主肺動脈を損傷しないよう注意することが必要である。³ 右肺全摘の場合は上大静脈と上行大動脈の間の心嚢を開いて、このレベルで右主肺動脈を露出すると相当な距離が確保できる。

腫瘍が中枢にあって肺動脈の処理がやりにくい場合には肺動脈の処理に先行して、気管支と肺動脈間の剝離や

気管支の処理を先に行ってもよい。肺動脈の切離には自動縫合器を用いる方法と結紮、あるいは縫合切離する方法があるが、いずれの場合でも中枢に DeBakey 型などの血管鉗子をかけて確保し、トラブルに備える。また、切離する前に血管鉗子にて主肺動脈を遮断して血行動態の変化を確認する。一側の肺動脈をクランプして呼吸循環動態が維持できなければ肺全摘術は不適応である。

8. 気管支の閉鎖と切断

気管支の閉鎖方法には数種あるが、王道はなく、症例や術者の好み、慣れによって使い分けられているのが実情である。主気管支の中枢切離部周囲の郭清は血流維持のため必要以上に剝離しないように心がける。³ マージンに問題なければ気管分岐部から2リングほど末梢側で切離する。近年はその簡便性から自動縫合器を用いることが多いが、マージンが問題になるときや断端が近いときにはメスにて切断し、手縫いとする。

閉鎖する方向は大きく分けて Sweet 法⁴ と Overholt 法^{5,6} がある。Sweet 法は気管分岐部から近すぎると変形が強くなり、断端に過度の緊張がかかる。また堅い軟骨部と柔らかい膜様部とを合わせることによって膜様部側が脆弱になるという欠点がある。一方、Overholt 法はより均一に気管支断端に緊張がかかるが、硬い気管支の場合は閉鎖が難しい。我々はそれぞれの欠点を補うべく、一旦自動縫合器にて Sweet の方向に閉鎖した後に、手縫いにて Overholt の方向に寄せる Sweet + Overholt 法 (Figure 1) を用いている。⁷

通常の肺全摘術における気管支断端被覆の是非については controversial である。被覆に用いられる組織としては傍心膜脂肪織、胸腺組織、有茎肋間筋弁、大網などがよく用いられ、時として広背筋や胸膜組織、奇静脈など

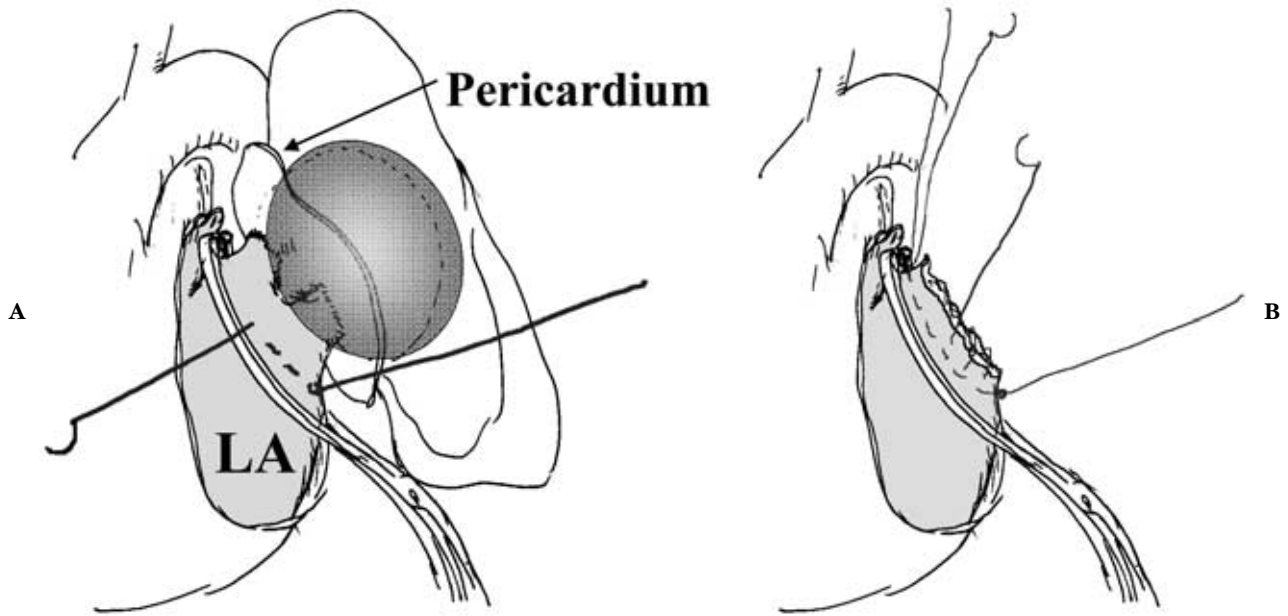


Figure 2. The left atrial wall is clamped with a large vascular clamp (DeBakey etc.). Then the wall is sutured with horizontal mattress sutures of 2-0 polypropylene (A). After intrapericardial pneumonectomy, running sutures are added on the stump of the left atrium (B).

LA: left atrium

が用いられることもある。一般に断端被覆による気管支瘻の予防的意義についてははっきりとした根拠はない。左全摘の場合は、気管支断端が食道や心臓、大動脈などに周囲を囲まれることなどにより断端瘻の発症率が低い。ため、我々は通常被覆していない。右肺全摘の場合も気管支瘻のリスクのある症例を選んで断端の被覆を行っている。

9. リンパ節郭清

肺全摘術を考慮するような肺癌はそれだけ、局所進行癌であり、多くの症例が系統的な縦隔リンパ節郭清を要する。肺葉切除時のリンパ節郭清と大きな変化はないが、気管分岐下、特に主気管支周囲の郭清では、気管支断端の血流障害を起こさないため、気管支壁をあまり剥きすぎないように注意が必要である。リンパ節郭清の意義にもいろいろと議論のあるところではあるが、系統的に郭清を行う時には残すべき組織・構造物をしっかりと露出させて残し、それ以外の組織、つまり郭清すべき範囲のリンパ節を周囲の脂肪織と共に一塊にして摘出する。こうすることにより、逆に出血やリンパ漏などの合併症も少なく、安全にそしてきれいに郭清できる。

気管分岐下の郭清は気管支切断前に行う。残すべき構造物は両側の主気管支、気管分岐部、心膜、食道であるので、迷走神経をテーピングして確保し、これらの壁をしっかりと露出させ、分岐下のリンパ組織を一塊にして郭清する。下肺静脈の上縁を郭清の尾側端とし、リンパ節

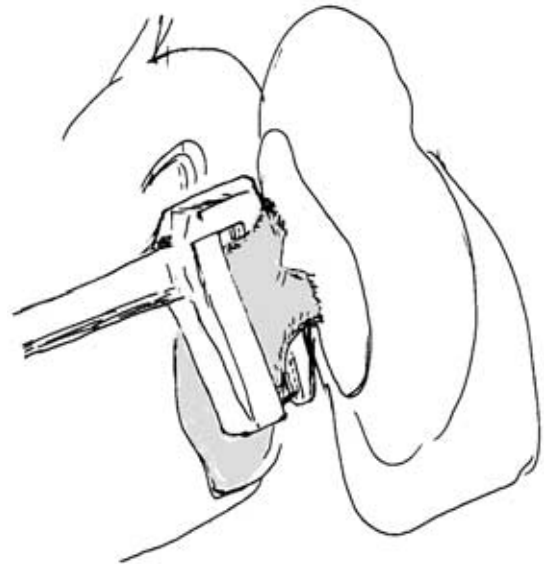


Figure 3. The left atrial wall may be closed with a TA type stapler.

を周囲脂肪織と一緒に心膜、気管支壁から剥離していく。中間気管支幹・主気管支、食道を露出させ、これら構造物で囲まれた領域を構造物から切離していく。気管支動脈や迷走神経肺枝は適宜結紮切離する。最後に気管分岐の股の所で一塊となったリンパ組織を結紮切離して組織を摘除する。気管分岐直下には気管支動脈枝やリンパ管

が入っていることが多く、必ず結紮する。

右上縦隔の郭清では奇静脈上縁より腕頭動脈レベルまで縦隔胸膜を縦に切開し、迷走神経をテーピングする。テープを腹側へ牽引すると反回神経を確認しやすい。郭清の上縁を決めたら、迷走神経、反回神経、気管壁、奇静脈、上大静脈、腕頭動脈、心膜を露出させ、これら構造物で囲まれた領域のリンパ組織を周囲の脂肪織と共に一塊にして郭清する。注意すべき点は、反回神経の位置・走行をよく確認し、その近傍では電気メスを用いず、愛護的な操作を行うこと（テーピングは必要ない）、上大静脈と奇静脈からリンパ組織へ向かって細い血管が出ていることがあるので、これらを損傷しないようにすること、索状物はリンパ管や胸管の枝であることがあるので必ず結紮することである。上方からリンパ組織を剥き下ろし、最後は奇静脈下をくぐらせ、肺動脈鞘から剥離し左主気管支へと続く部位を結紮して摘除する。深く追いかけて過ぎると心嚢が開くことがある。

左上縦隔の郭清では横隔神経、迷走神経、反回神経、大動脈弓、肺動脈、左主気管支を露出させて、#4、#5、#6領域の郭清を行う。#3をしっかりと郭清するためにはボタロー靭帯を切離し、大動脈弓もテーピングして授動しなくては不可能である。通常、そこまでは行っていない。

10. 合併切除手技（人工心肺を用いない左房合併切除）

本項では人工心肺を用いず、左房の単純クランプのみで合併切除できる左房合併切除術について解説する。手術適応は後述するように議論があるが、人工心肺を用いない単純クランプによる左房合併切除の手術手技は、左房浸潤症例の他、腫瘍や炎症などにより心嚢外での血管処理が困難である場合や中枢肺血管の損傷修復時などにも非常に有用で必ず習得しておくべき手技である。

手術適応：左房浸潤のある肺癌はT4であり、切除後の予後は決して満足すべきものではなく、手術適応に関しては議論のあるところである。しかし、左房浸潤があってもN0-1で完全切除できれば長期生存の可能性があり、^{8,9} 症例によって手術適応を考慮すべきである。また、左房壁浸潤までなくとも、肺静脈起始部あるいは心膜まで浸潤のある場合では心嚢を開けて左房壁を一部合併切除することにより安全なマージンで完全切除ができ、人工心肺を用いず、単純クランプのみで切除可能である。予後も真の左房浸潤（T4）肺癌とは異なり、良い適応となる。

手術手技：左房の処理を行う前に血管、気管支の処理を先に行い、腫瘍・肺は肺静脈を介して左房とのみで繋がっている状態にする。心嚢を大きく開け、左房壁を十分に露出する。単純に心嚢を開けただけでは、心膜の反転部があるため、直接心嚢内の肺静脈根部に鉗子を回す

ことはできない。したがってこの心膜の解剖を熟知しておく必要がある。肺静脈根部と左房壁を十分に剥離露出させたのち、腫瘍の浸潤範囲を的確に判断し、切離線を想定したうえで、DeBakey型の先端をした弱弯の大型血管鉗子などで左房壁をクランプする。この時に、血行動態の変動がないか確認し、左房の取りすぎ（右房までかかることがある）に注意する。切除側に支持糸をおき、剪刀やメスなどで切断し、標本を摘出する。モノフィラメントの非吸収糸を用いて水平マットレス+over & overにて縫合閉鎖するのが基本である（Figure 2）。クランプの開放はゆっくりと行い、縫合断端を確認する。近年では、切除マージンに余裕がある場合には自動縫合器を用いることもある。TA型の自動縫合器にて縫合閉鎖したのちに（Figure 3）、左房を切離して標本を摘出する。止血を確認したのち、開放した心嚢は人工膜などを用いて修復して心臓脱を予防する。締めすぎによって術後心タンポナーデを引き起こすことがありうるので連続縫合より結節縫合の方が好ましい。

11. 閉胸

温生理食塩水にて胸腔内を十分に洗浄し、リークテストを行い、気管支断端からの空気漏れを確認する。我々は通常20 cmH₂Oまで加圧してリークの有無を確認している。止血を十分に郭清したのち、ドレーンを1本留置して閉胸する。我々はドレーンをクランプし、1時間ごとに適宜開放して、出血の有無を確認している。ドレーンを挿入しない施設もあるが、我々は出血の確認と縦隔偏位の修復のための手段のため留置している。

終わりに

肺癌に対する肺全摘術と系統的リンパ節郭清について、基本的な考え方と手技を解説した。手術手技には複数の方法や考え方があり、正解は一つだけではない。本稿は基本的、標準的な解説と考え、これから経験を積まれる若い外科医の参考になれば幸いである。

本論文の要旨は第45回日本肺癌学会総会 Educational Video Sessionにて発表した。

REFERENCES

1. British Thoracic Society and Society of Cardiothoracic Surgeons of Great Britain and Ireland Working Party. Guidelines on the selection of patients with lung cancer for surgery. *Thorax*. 2001;56:89-108.
2. Harpole DH, Liptay MJ, DeCamp MM, et al. Prospective analysis of pneumonectomy: risk factors for major morbidity and cardiac dysrhythmias. *Ann Thorac Surg*. 1996; 61:977-982.
3. Pearson FG, Cooper JD, Deslauriers J, et al. *Thoracic*

- Surgery*. 2nd ed. New York: Churchill Livingstone; 2002: 974-981.
4. Sweet RH. Closure of the bronchial stump following lobectomy or pneumonectomy. *Surgery*. 1945;18:82.
 5. Overholt RH, Langer L, Szypulski JT, et al. Pulmonary resection in the treatment of tuberculosis. Presentday technique and results. *J Thorac Surg*. 1946;15:384.
 6. Overholt RH, Langer L. *The technique of pulmonary resection*. Springfield: Charles C Thomas publisher; 1949.
 7. 末舛恵一, 成毛韶夫. 癌の外科—手術手技シリーズ 10 肺癌. 東京: メジカルビュー社; 1994:46-53.
 8. Tsuchiya R, Asamura H, Kondo H, et al. Extended resection of the left atrium, great vessels, or both for lung cancer. *Ann Thorac Surg*. 1994;57:960-965.
 9. Spaggiari L, D' Aiuto M, Veronesi G, et al. Extended pneumonectomy with partial resection of the left atrium, without cardiopulmonary bypass, for lung cancer. *Ann Thorac Surg*. 2005;79:234-240.