

中枢気道閉塞による長期間無気肺に対する気管支形成術の肺機能回復効果に関する実験的研究

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-04 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/2297/9340

中枢気道閉塞による長期間無気肺に対する気管支形成術の 肺機能回復効果に関する実験的研究

金沢大学医学部医学科外科学第一講座（主任：渡辺洋宇教授）

宋 乙

臨床上、良性気管支狭窄や低悪性腫瘍により生じた無気肺に対しては気管支再建により肺機能の回復を図りうる場合がある。しかし、長期間の無気肺の場合、いかなる条件であれば気管支再建によって肺機能の回復が図れるか、また気管支再建術後の肺機能回復過程についての基礎的研究は少ない。本研究では気道再建により肺機能回復が期待できる無気肺の期間、また気管支吻合部の治癒過程と気道再建後の肺機能回復過程について検討した。雑種成犬31頭を用い、全麻下に左主気管支を自動縫合器で遮断閉鎖し、30匹の一侧無気肺モデルを作成した。左気管支閉鎖2週間、1ヵ月、3ヵ月、6ヵ月、12ヵ月の5群について、それぞれ気管支閉鎖部を管状切除し、左主気管支を端々吻合した。左気管支閉鎖2週間後には左肺は胸部レントゲン写真上完全無気肺となり、動脈血酸素分圧、肺表面組織血流量は有意に低下した。気管支閉鎖2週間、1ヵ月、3ヵ月、6ヵ月の各群では、気管支形成2日目に胸部レントゲン写真上軽度の肺水腫を認めたが、1週間には軽快、2週間には左肺はほぼ完全に再膨張した。しかし、気管支閉鎖12ヵ月群では形成2ヵ月後にも無気肺の残存、肺内浸潤陰影が認められた。気管支鏡検査では、気管支形成2ヵ月後までには縫合不全、肉芽増殖、狭窄は認めなかった。肺循環機能の検索においては、気管支閉鎖2週間、1ヵ月、3ヵ月、6ヵ月群では気管支形成術1～2ヵ月後には低下していた動脈血酸素分圧、肺表面組織血流量は回復し、ほぼ気管支閉鎖前値までに改善した。しかし、気管支閉鎖12ヵ月群では気管支形成術による動脈血酸素分圧の回復は認められず、気管支閉鎖前に比べて有意に低値であった。右肺門遮断にて左再建肺単独の肺機能について検討したところ、気管支形成直後には一過性の機能低下が認められたが、形成1ヵ月後には気管支閉鎖前までに回復した。細菌培養では、気管支閉鎖期間の延長にともない培養陽性率は高くなり、気管支閉鎖12ヵ月群では緑膿菌感染により閉鎖8ヵ月後に2頭が死亡した。病理組織学的所見では無気肺期間の延長とともに、気管支内腔、気管支周囲の好中球、組織球を主体した炎症細胞浸潤増悪を認めた。気管支閉鎖3ヵ月までの各群では、気管支形成1～2ヵ月後には肺胞と気管支の組織構築がほぼ完全に回復し、正常な肺胞構築を示したが、気管支閉鎖6ヵ月群では形成2ヵ月後には一部に肺胞壁の線維性肥厚を認めた。気管支閉鎖12ヵ月群では無気肺の残存、肺胞壁の線維性肥厚、肺胞構造の破壊を認めた。以上の実験結果から、気管支閉鎖6ヵ月までは気管支形成術により肺機能回復を図ることが示唆された。

Key words closure of bronchus, atelectasis, bronchoplastic procedure (bronchoplasty), restoration of lung function

気管気管支形成術は1950年代より施行され始め¹⁾²⁾、近年呼吸器外科領域において定型的術式となっている^{3)~6)}。この術式は気管気管支の病変のみを切除し、多くは気管気管支の端々吻合により再建を行う術式であり、肺機能温存、回復を図ることを目的として創始された。肺癌症例の増加と相俟って手術根治性を追求しながら肺機能を温存する術式として確立しつつある。一方、気管支形成術の適応となる良性疾患としては炎症性(主に結核性)^{7)~11)}、良性腫瘍¹²⁾¹³⁾、外傷性¹⁴⁾¹⁵⁾などによる狭窄あるいは閉塞がある。良性気管支閉塞による長期無気肺に対し、気管支再建により無気肺の再膨張が認められたとの臨床例が報告が散見され^{14)~19)}、実験的にも長期無気肺が気管支再建術により再膨張がえられたとの報告がある^{20)~23)}。しかし、長期間にわたり無気肺となっている場合、いかなる条件であれば気管

支再建によって肺機能の回復が図れるか、また気管支再建後の肺機能回復過程についての詳細な基礎的研究は少ない。

本研究では中枢気道閉塞により長期間無気肺となっている肺を気道再建を行うことにより、肺機能の回復を図る場合、どの位の期間の無気肺まで肺機能は可逆的であるか、また気管支吻合部の治癒過程と再建後の肺機能回復過程を検討した。

対象および方法

Ⅰ. 実験動物および麻酔法

対象は体重8～16kg (平均12kg) の雑種成犬合計31頭を使用した。塩酸ケタミン (三共、東京) 10mg/kg および硫酸アトロピン (田辺、大阪) 0.02mg/kg の筋肉注射により麻酔導入した。手術台に固定、肘静脈に点滴路を確保した後、気管内挿管を行

平成10年9月29日受付、平成10年10月20日受理

Abbreviations : FIO₂, fraction of inspiratory oxygen; PaO₂, arterial oxygen pressure; PaCO₂, arterial carbon dioxide pressure; SaO₂, arterial oxygen saturation

い、臭化パンクロニウム (三共) 0.1mg/kg 静注にて非動化した後、人工呼吸器 (Harvard apparatus 613, Massachusetts, USA) を用いて調節呼吸を行った。換気回数は20~25回/分、1回換気量は25ml/kg (片肺換気は15ml/kg) に設定した。維持麻酔として塩酸ケタミン2mg/kgを静注し、麻酔中に臭化パンクロニウムを適宜追加静注した。術後は自発呼吸が再開するまで人工呼吸で管理を行い、意識、呼吸状態に問題がないと判断した時点で気管内チューブを抜去した。

II. 無気肺モデルの作成

全身麻酔後、実験動物を右側臥位にして、左側胸部に皮膚切開を行い、僧帽筋、広背筋、前鋸筋を電気メスで切離して第5肋間で開胸し、胸腔内に到達した。左主気管支を剥離遊離し、左主気管支を自動縫合器RLV30 (エチコン、東京) にて遮断閉鎖、ついで4-0プロリン糸 (エチコン) にて結節縫合を追加し、左無気肺モデルを作成した (図1B)。胸腔ドレーンを留置後、閉胸した。術中にセフェム系抗生剤、セファゾリンナトリウム

(藤沢薬品、東京) 0.5g/頭を点滴静注した。

実験群は気管支閉鎖の期間により以下の5群 (各群6頭) に分けた。すなわち第1群 (気管支閉鎖2週間)、第2群 (気管支閉鎖1ヵ月)、第3群 (気管支閉鎖3ヵ月)、第4群 (気管支閉鎖6ヵ月)、第5群 (気管支閉鎖12ヵ月) とした。

III. 気管支形成術

各期間の無気肺モデルに対して、全麻下で右側臥位とし第6肋間で開胸し、左胸腔内に到達した。左主気管支を遊離し、自動縫合器により縫着閉鎖された左主気管支を管状に切除したのち、4-0バイクリル糸 (エチコン) の連続縫合にて端々吻合し、気管支形成を施行した (図1C)。気管支形成時に高頻度ジェット換気法 (high frequency jet ventilation) (駆動圧1.5kg/cm, 駆動回数6回/秒) にて換気することにより、気管支吻合を容易に行うことができた²⁴⁾²⁵⁾。止血を確認後、胸腔ドレーンを留置し、閉胸した。術後は自発呼吸が再開するまで人工呼吸で管理して、呼吸に問題がないと判断した時点で気管内チューブを抜去した。術中、術後にはセフェム系抗生剤、セファゾリンナトリウム0.5g/頭を2日間点滴静注した。

IV. 胸部レントゲン写真撮影、気管支鏡検査

各群ともに左気管支閉鎖前、閉鎖後及び気管支形成術後に定期的に、胸部レントゲン写真撮影を施行し、左気管支閉鎖後無気肺確認、気管支形成後の左肺再膨張程度、肺水腫、気胸、胸水、肺炎の有無等を検討した。また気管支鏡検査には気管支ファイバースコープ2T-10 (オリンパス、東京) を用いて、左気管支閉鎖後の閉鎖確認、気管支形成後は吻合部の創傷治癒過程を観察した。

V. 動脈血ガス分析

肺機能を検討するため、左気管支閉鎖前、閉鎖後及び気管支形成術後に定期的に、右大腿動脈の採血により、空気呼吸下での動脈血酸素分圧 (arterial oxygen pressure, PaO_2)、動脈血二酸化炭素分圧 (arterial carbon dioxide pressure, PaCO_2)、酸素飽和度 (arterial oxygen saturation, SaO_2) を測定した。

VI. 肺表面組織血流

気管支閉鎖前後、気管支形成術前後と形成1~2ヵ月の左開胸時に、レーザー組織血流計 (アドバンス社、東京) を使用し、左肺の肺表面組織血流量を測定した。

VII. 左再建肺単独の肺機能測定

気管支閉鎖1ヵ月群においては、左気管支閉鎖直前、左主気管支形成直後と形成1ヵ月後に右肺門を遮断し、左肺単独の機能を測定した。すなわち、左開胸により左肺動脈の本幹を露出し、25ゲージハッピーキャス針 (メディキット、東京) を挿入留置し、肺動脈圧測定用とした後、左開胸側より右主気管支と右肺動脈を遊離し、右主気管支肺動脈を遮断した (図2)。遮断前後、および遮断後30分毎に動脈血酸素分圧、平均肺動脈圧 (mean pulmonary arterial pressure)、肺表面組織血流量を測定し、左肺単独の片肺機能について検討した。術中は吸入酸素濃度 (fraction of inspiratory oxygen, FIO_2) を50% (FIO_2 , 0.5) に設定した。

VIII. 細菌培養

無気肺による左肺の感染状態、および気管支形成後の肺内感染の有無の検索を行った。すなわち、各群ともに左気管支形成施行時に、切断左主気管支末梢側より無菌咽頭拭子綿棒にて末梢肺内の気道分泌物を採出、無気肺内の肺内細菌を検索し、また気管支形成1~2ヵ月後の犠牲屠殺時にも左気管支内の分泌

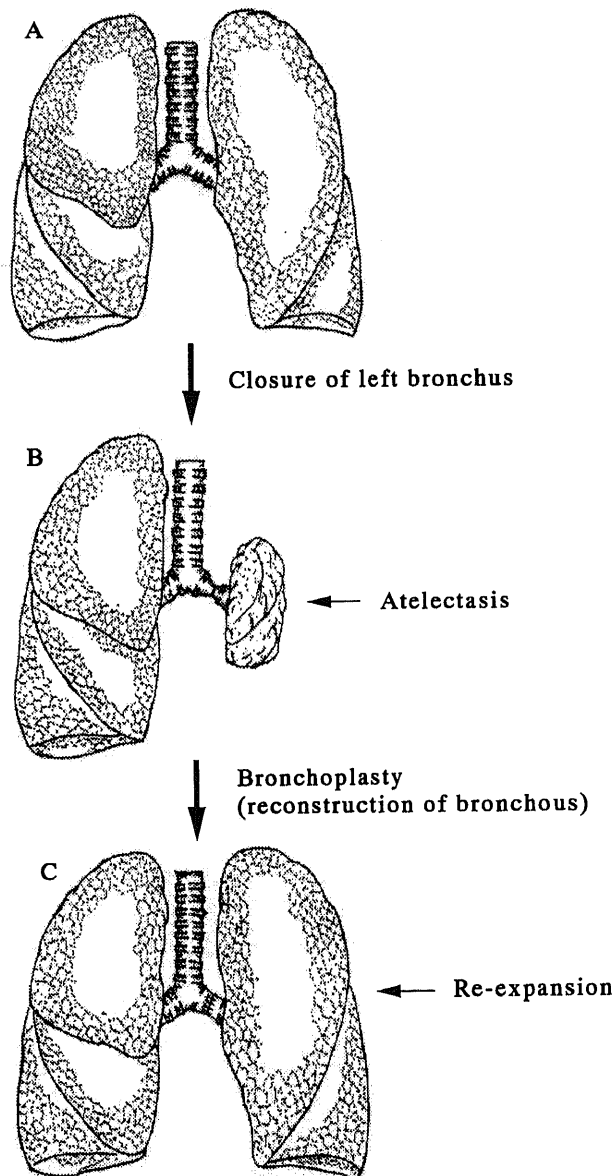


Fig. 1. Schematic drawing of the experiment.

物を採出して、形成術後の細菌検索を施行した。

Ⅷ. 病理組織学的検討

各群ともに無気肺モデルの作成時に左肺の正常肺を部分切除し、正常対象群とし、気管支形成時に無気肺の部分切除を行い、さらに気管支形成後1～2カ月の犠牲屠殺時にも気管支吻合部を含む肺組織を摘出した。摘出肺組織は10%中性緩衝ホルマリン液で固定後に、正常肺組織、無気肺組織、気管支形成後肺組織と気管支吻合部のパラフィン切片を作成し、HE染色にて病理組織学的検討を行った。

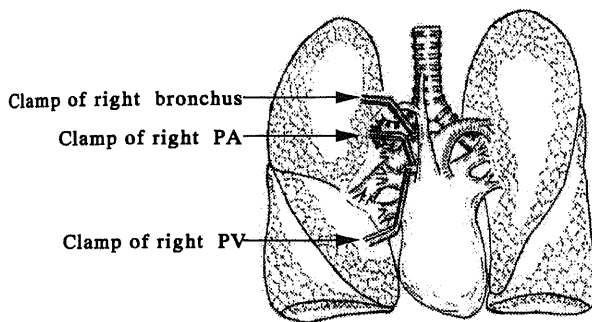


Fig. 2. Schematic drawing of the experiment for the evaluation of left reconstructed lung. The right bronchus, pulmonary artery and vein were clamped.

X. 統計学的検討

測定結果は平均値±標準偏差 ($\bar{x} \pm SD$) で表記した。各群平均値の差の検定には一元配置分散分析法を用い、群間の比較は分散分析した後、FisherのPLSD法を用いて検定した。危険率5%未満をもって有意差ありとした。

成 績

I. 無気肺モデル作成及び気管支形成の成績

各群の無気肺モデル作成後、気管支形成術施行後の合併症、死亡およびその原因を表1に示す。気管支閉鎖2週、1ヵ月群は形成1ヵ月後に、3ヵ月群は形成2ヵ月後に屠殺犠牲死せしめたが、各群とも犠牲死させるまで合併症なく生存した。無気肺期間6ヵ月群では1頭が気管支形成術中に麻酔トラブルにて死亡したが、ほかの6頭はいずれも気管支形成2ヵ月後、犠牲死させるまで合併症を認めずに生存した。気管支閉鎖12ヵ月群では無気肺作成8ヵ月後から無気肺内の感染、膿瘍化により2頭は死亡し、細菌培養では緑膿菌が検出された。4頭は12ヵ月間生存し気管支形成を施行したが、気管支形成2ヵ月後には、1頭には肺内感染により左肺線維化が、1頭には左肺上葉に含気不全が認められた。

Ⅱ. 胸部レントゲン写真所見

気管支閉鎖2週間群では閉鎖2週間後には、左肺は完全に無気肺になった(図3B)。気管支形成後3日には軽度の肺水腫を、1

Table 1. Results of bronchoplasty after long-term atelectasis

Group (duration of bronchial closure)	No. of animals	No. of deaths (cause of death)	No. of bronchoplasties	No. of complications after bronchoplasty
1 (2 weeks)	6	0	6	0
2 (1 month)	6	0	6	0
3 (3 months)	6	0	6	0
4 (6 months)	7	1 (anesthesia trouble)	6	1 (infiltration)
5 (12 months)	6	2 (pseudomonas infection)	4	1 (fibrosis) 1 (atelectasis of upper lobe)

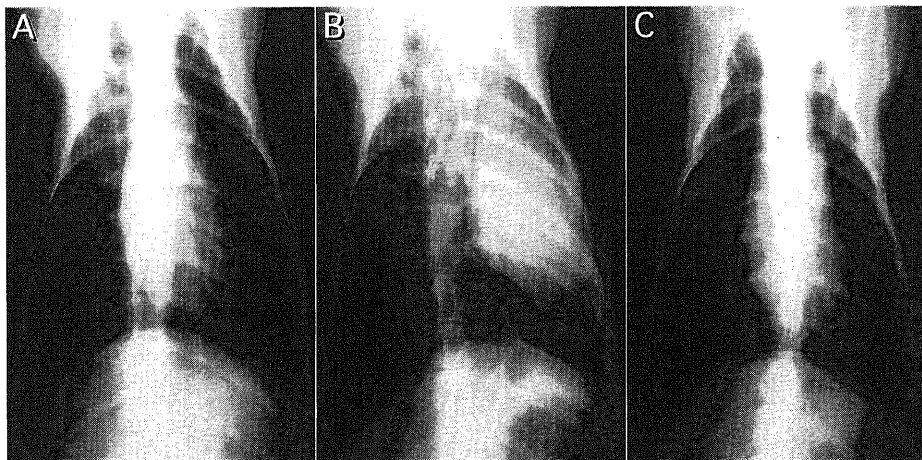


Fig. 3. Chest X-ray films of one case in the group 1 (2-week bronchial closure). (A) Normal chest X-ray film before bronchial closure. (B) Chest X-ray film shows complete left lung atelectasis and shift of the mediastinum to the atelectatic side at 2 weeks after closure of left main bronchus. (C) Chest X-ray film shows well re-aerated left lung at 1 month after bronchoplasty.

週後に左肺の拡張不全を認めたが、2週後には左肺はほぼ完全に再膨張し、1ヵ月では異常所見は認めなかった (図3C)。気管支閉鎖1ヵ月、3ヵ月群でも気管支形成後1~2ヵ月では、左肺は良好に再膨張し、含気不全や感染像は認めなかった (図4A, B)。気管支閉鎖6ヵ月群の1頭では、形成2ヵ月後に中肺野に軽度の浸潤影を認めた (図4C)。気管支閉鎖12ヵ月群で左気管支形成術を施行した4頭では、2頭に形成後2ヵ月でも含気不良や肺内浸潤陰影が認められた (図4D)。

Ⅲ. 吻合部の気管支鏡所見

気管支閉鎖2週間群では形成術1~3日には気管支吻合部に軽度の出血、浮腫、発赤等の炎症所見を認めた (図5C)。1週後には6頭中2頭に軽度の炎症所見を認めたが、粘膜上皮の再生が始まり (図5D)、2週後には気管支鏡所見上は吻合部の粘膜上

皮再生はほぼ完成し、1ヵ月後には気管支吻合部は完全に治癒した (図5E)。気管支閉鎖1ヵ月、3ヵ月、6ヵ月の各群も気管支形成後1週後では軽度の炎症所見を認めるも、創傷治癒過程は良好で、1ヵ月後には気管支吻合部は完全に治癒しており、吻合部の縫合不全、狭窄、肉芽増殖などは認めなかった (図6A-C)。気管支閉鎖12ヵ月群での気管支形成施行4頭でも、吻合部の創傷治癒は良好であった (図6D)。

Ⅳ. 動脈血ガス分析

気管支閉鎖2週間群動脈血酸素分圧 (PaO_2) は気管支閉鎖直後からは経時的に有意 ($p < 0.0001$) に低下したが、気管支形成術により PaO_2 は徐々に改善、形成後1ヵ月では形成前 (左無気肺) と比較して有意 ($p < 0.0001$) に上昇し、ほぼ気管支閉鎖前までに回復した (図7)。気管支閉鎖1ヵ月、3ヵ月群も同様の結

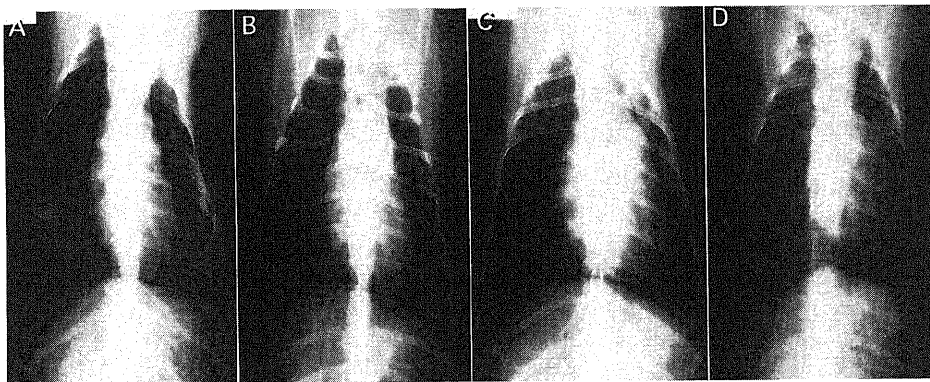


Fig. 4. Chest X-ray films after bronchoplasty. (A) Chest X-ray film of one case in the group 2 (1-month bronchial closure) shows well reexpanded left lung. (B) Chest X-ray film of one case in the group 2 (3-month bronchial closure) also shows well reexpanded left lung. (C) Chest X-ray film of one case in the group 4 (6-month bronchial closure) shows slight infiltration on the left middle lung field. (D) Chest X-ray film of one case in the group 5 (12-months bronchial closure) shows infiltration on the left upper lung field and poor reexpansion of left lung.

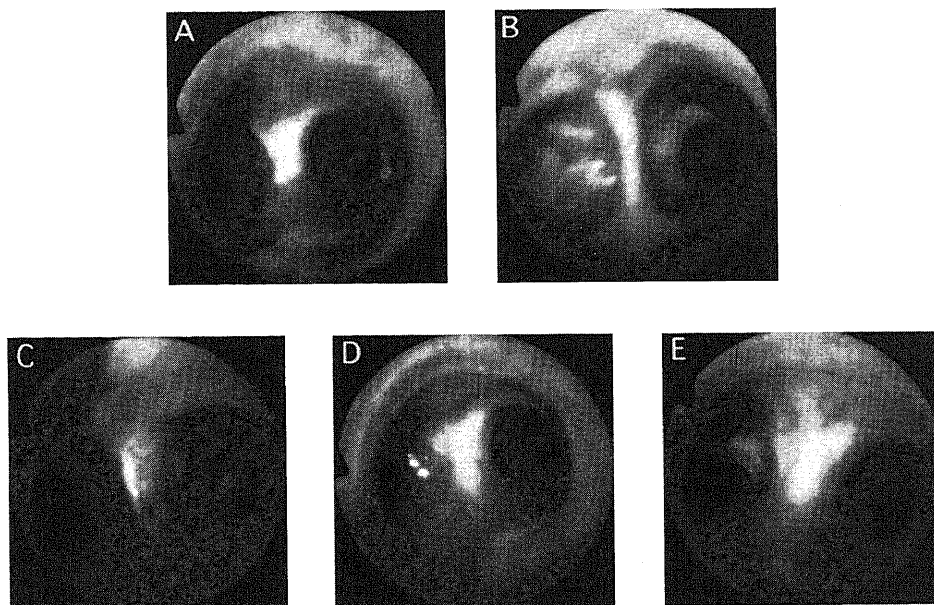


Fig. 5. Bronchoscopic findings in the group 2-week bronchial closure. (A) Before bronchial closure. (B) Two weeks after bronchial closure. (C) Immediately after bronchoplasty. (D) One week after bronchoplasty. (E) One month after bronchoplasty. Bronchoscopic findings show circular anastomotic site and good wound healing process without granulation nor stenosis.

果であった。6ヵ月群でも気管支形成術により PaO_2 は徐々に改善, 形成1ヵ月から2ヵ月までには形成前と比較して有意($p<0.01$)に上昇, ほぼ気管支閉鎖前までに回復した(図8)。しかし, 気管支閉鎖12ヵ月群では気管支形成術による PaO_2 の回復は認められず, 気管支閉鎖前に比べて有意に低値であった(図9)。動脈血二酸化炭素分圧(PaCO_2)と動脈血酸素飽

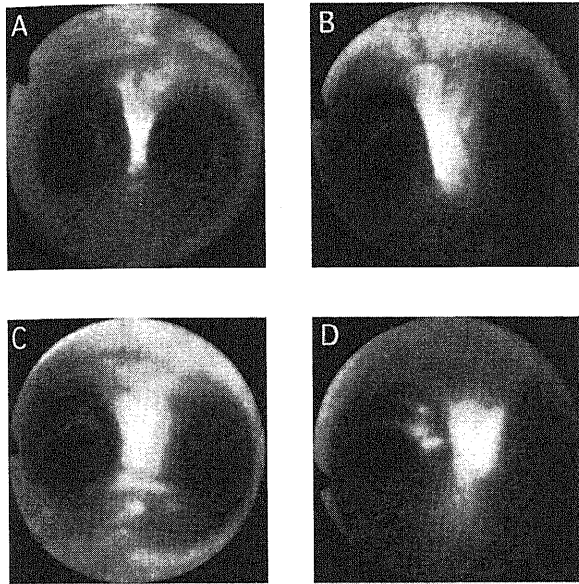


Fig. 6. Bronchoscopic findings after bronchoplasty in the groups 1-month, 3-month, 6-month, and 12-month bronchial closure. (A) One case in the group 2 (1-month bronchial closure). (B) One case in the group 3 (3-month bronchial closure). (C) One case in the group 4 (6-month bronchial closure). (D) One case in the group 5 (12-month bronchial closure). Bronchoscopic finding in each group shows circular anastomotic site without granulation nor stenosis.

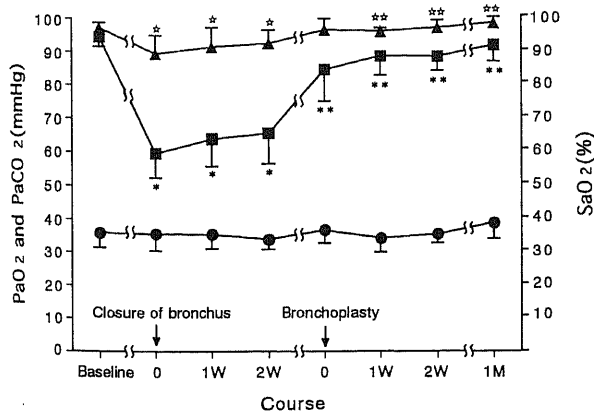


Fig. 7. Changes of PaO_2 , PaCO_2 and SaO_2 in the group 1 (2-week bronchial closure). Each point indicates as $\bar{x} \pm \text{SD}$. ■, PaO_2 ; ●, PaCO_2 ; ▲, SaO_2 . Baseline, just before bronchial closure. * $p<0.0001$ vs. baseline; ** $p<0.0001$ vs. 2 weeks after bronchial closure (just before bronchoplasty). ☆ $p<0.001$ vs. baseline; ☆☆ $p<0.001$ vs. 2 weeks after bronchial closure (just before bronchoplasty).

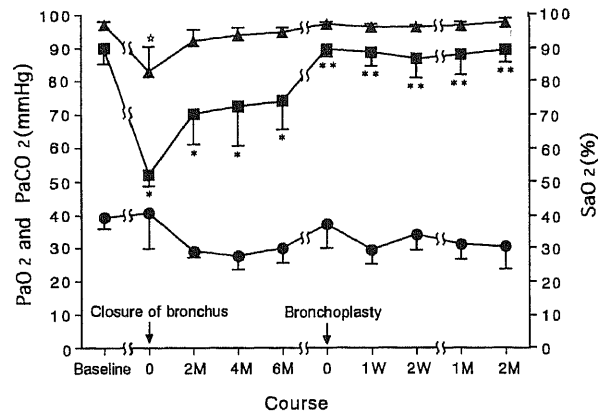


Fig. 8. Changes of PaO_2 , PaCO_2 and SaO_2 in the group 4 (6-month bronchial closure). Each point indicates as $\bar{x} \pm \text{SD}$. ■, PaO_2 ; ●, PaCO_2 ; ▲, SaO_2 . Baseline, just before bronchial closure. * $p<0.0001$ vs. baseline; ** $p<0.001$ vs. 6 months after bronchial closure (just before bronchoplasty). ☆ $p<0.0001$ vs. baseline.

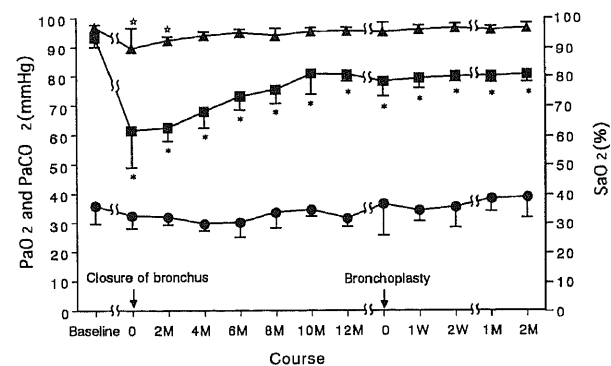


Fig. 9. Changes of PaO_2 , PaCO_2 and SaO_2 in the group 5 (12-month bronchial closure). Each point indicates as $\bar{x} \pm \text{SD}$. ■, PaO_2 ; ●, PaCO_2 ; ▲, SaO_2 . Baseline, just before bronchial closure. * $p<0.001$ vs. baseline. ☆ $p<0.01$ vs. baseline.

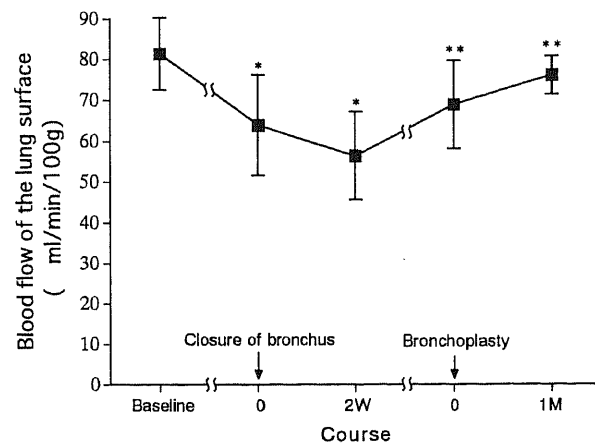


Fig. 10. Changes of blood flow of the lung surface in the group 1 (2-week bronchial closure). Each point indicates as $\bar{x} \pm \text{SD}$. Baseline, before bronchial closure. * $p<0.01$ vs. baseline; ** $p<0.01$ vs. 2 weeks after bronchial closure (just before bronchoplasty).

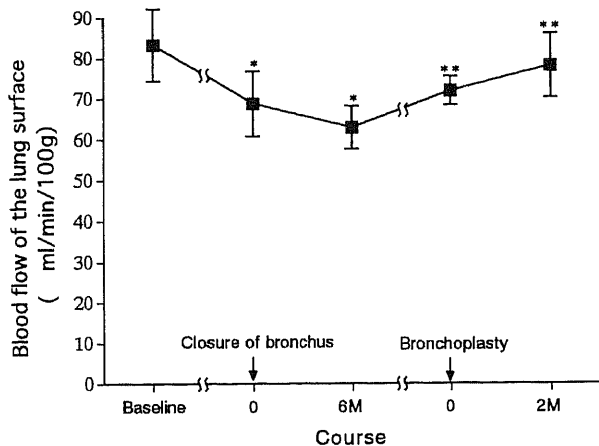


Fig. 11. Changes of blood flow of the lung surface in the group 4 (6-month bronchial closure). Each point indicates as $\bar{x} \pm \text{SD}$. Baseline, just before bronchial closure. * $p < 0.01$ vs. baseline; ** $p < 0.01$ vs. 6 months after bronchial closure (just before bronchoplasty).

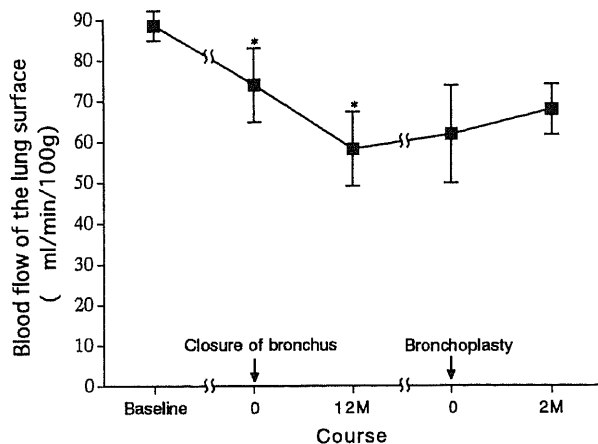


Fig. 12. Changes of blood flow of the lung surface in the group 5 (12-month bronchial closure). Each point indicates as $\bar{x} \pm \text{SD}$. Baseline, just before bronchial closure. * $p < 0.01$ vs. baseline.

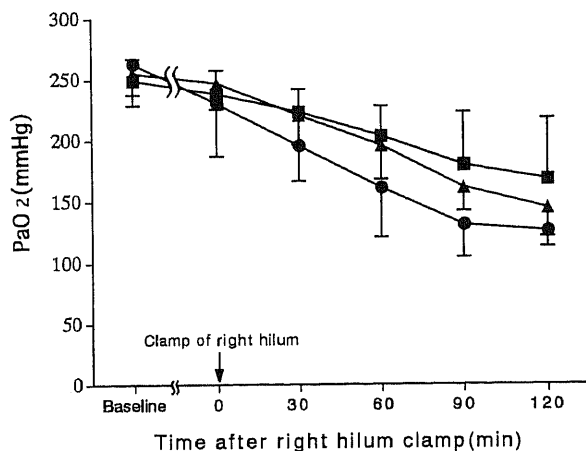


Fig. 13. Changes of PaO_2 after clamp of contralateral bronchus, pulmonary artery and vein, in the group of 1-month bronchial closure. Each point indicates as $\bar{x} \pm \text{SD}$. ■, control; ●, immediately after bronchoplasty; ▲, 1 month after bronchoplasty. Baseline, just before bronchial closure.

和度 (SaO_2) は全実験群において、実験過程を通して有意な変動は認めなかった。

V. 肺表面組織血流量 (ml/分/100g)

気管支閉鎖2週間群の肺表面組織血流量は、動脈血酸素分圧と同様に、左気管支閉鎖直後から有意 ($p < 0.001$) に減少したが、気管支形成術により改善し、形成後1ヵ月では形成前 (左無気肺) と比較して有意 ($p < 0.001$) に上昇し、ほぼ気管支閉鎖前に回復した (図10)。気管支閉鎖1ヵ月、3ヵ月群も同様の結果であった。6ヵ月群でも肺表面組織血流量は、気管支形成術により上昇し、形成後2ヵ月には形成前と比較して有意に上昇し ($p < 0.01$)、ほぼ気管支閉鎖前までに回復した (図11)。しか

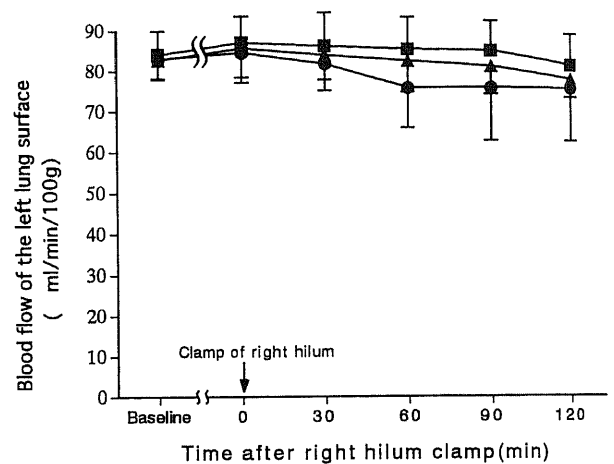


Fig. 14. Changes of blood flow of the left lung surface after clamp of contralateral bronchus, pulmonary artery and vein, in the group 1-month bronchial closure. Each point indicates as $\bar{x} \pm \text{SD}$. ■, control; ●, immediately after bronchoplasty; ▲, 1 month after bronchoplasty. Baseline, just before bronchial closure.

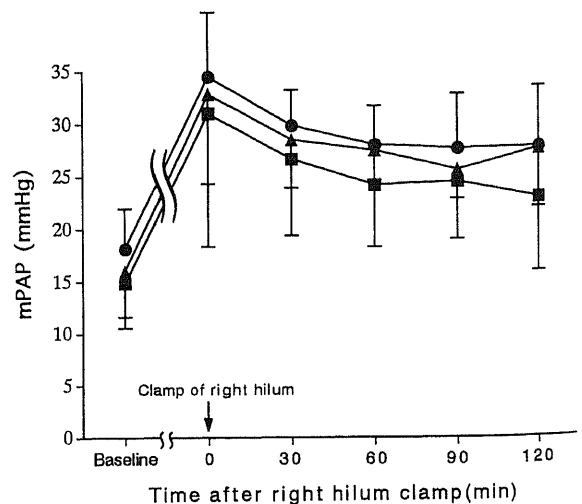


Fig. 15. Changes of mean pulmonary artery pressure (mPAP) after clamp of contralateral bronchus, pulmonary artery and vein, in the group of 1-month bronchial closure. Each point indicates as $\bar{x} \pm \text{SD}$. ■, control; ●, immediately after bronchoplasty; ▲, 1 month after bronchoplasty. Baseline, just before bronchial closure.

Table 2. Results of bacterial culture

Duration of bronchial closure	Dog no.	Bacterial culture	
		During closure	After bronchoplasty
2 weeks	1	—	—
	2	—	—
	3	—	—
	4	—	—
	5	—	<i>Corynebacterium</i> <i>Ps. cepacia</i>
	6	—	NFB
1 months	1	<i>Acinetobacter</i>	<i>Acinetobacter</i>
	2	—	<i>Corynebacterium</i>
	3	—	—
	4	—	<i>S. marcescens</i>
	5	—	<i>S. marcescens</i>
	6	—	—
6 months	1	—	<i>Corynebacterium</i> <i>Acinetobacter</i> <i>Staphylococcus</i>
	2	NFB	NFB
	3	—	—
	4	NFB	<i>Corynebacterium</i> <i>Staphylococcus</i> NFB
	5	—	—
	6	—	—
12 months	1	—	<i>Corynebacterium</i> NFB
	2	<i>Ps. aeruginosa</i>	<i>Ps. aeruginosa</i> <i>Corynebacterium</i> <i>Acinetobacter</i>
	3	—	NFB
	4*	<i>Ps. aeruginosa</i>	—
	5	—	—
	6*	<i>Ps. aeruginosa</i>	—

—, negative; *Ps.*, *pseudomonas*; *S.*, *Serratia*; NFB, glucose-nonfermenting bacterium.

*, died with infection;

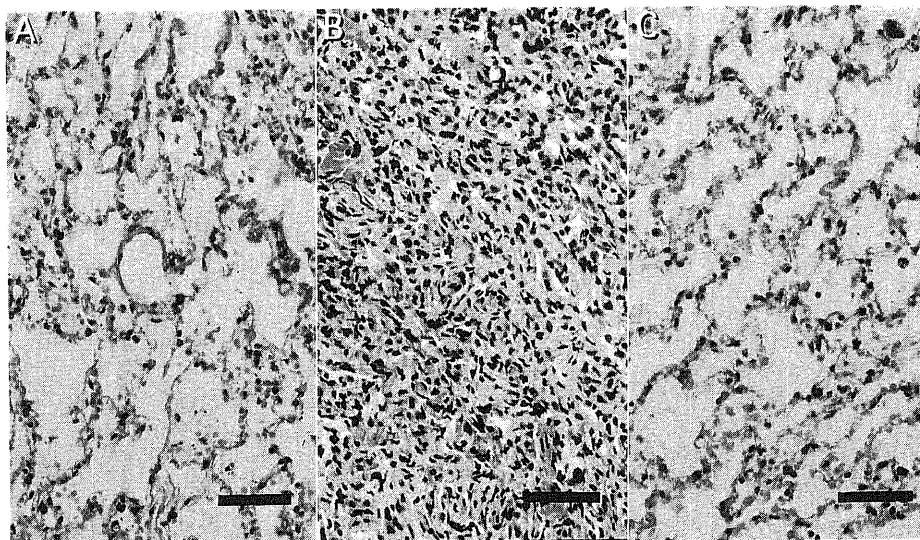


Fig. 16. Histological findings of group with left lung atelectasis by closing bronchus for 2 weeks. (A) Left lung before closure of bronchus shows normal alveolar structure. (B) Left lung with atelectatic procedure by closing bronchus for 2 weeks shows remarkable collapse of alveolar structure. (C) Left lung which was treated with bronchoplasty 1 month ago has recovered morphologically from lung atelectasis and has showed almost normal alveolar structure. Scale bar indicates 100 μ m.

し、気管支閉鎖12ヵ月群では肺表面組織血流量は、気管支形成術により軽度改善したが、有意な改善はみられず、気管支閉鎖前より有意に低値にとどまった(図12)。

Ⅵ. 左再建肺単独の肺機能

気管支閉鎖1ヵ月群において左気管支閉鎖前、左気管支形成術直後、および左気管支形成後1ヵ月に右気管支と右肺動静脈をクランプ遮断し、動脈血ガス分圧、左肺表面組織血流量、肺動脈圧を測定、左再建肺のみの肺機能を検討した。動脈血酸素分圧(図13)と肺表面組織血流量(図14)は左気管支閉鎖術前と

比較して気管支形成術直後では軽度低値であったが、有意の低下ではなかった。平均肺動脈圧も左気管支閉鎖前と比較して気管支形成術直後では軽度高値であったが、有意の上昇ではなかった(図15)。

Ⅶ. 細菌培養

各群の左気管支形成直前と形成後1~2ヵ月の左気管支内細菌培養の結果を表2に示す。全実験動物で処置前には病原菌は認められなかった。気管支閉鎖2週群では閉鎖2週後には病原菌は認めなかったが、気管支形成1ヵ月後には2頭で病原菌を

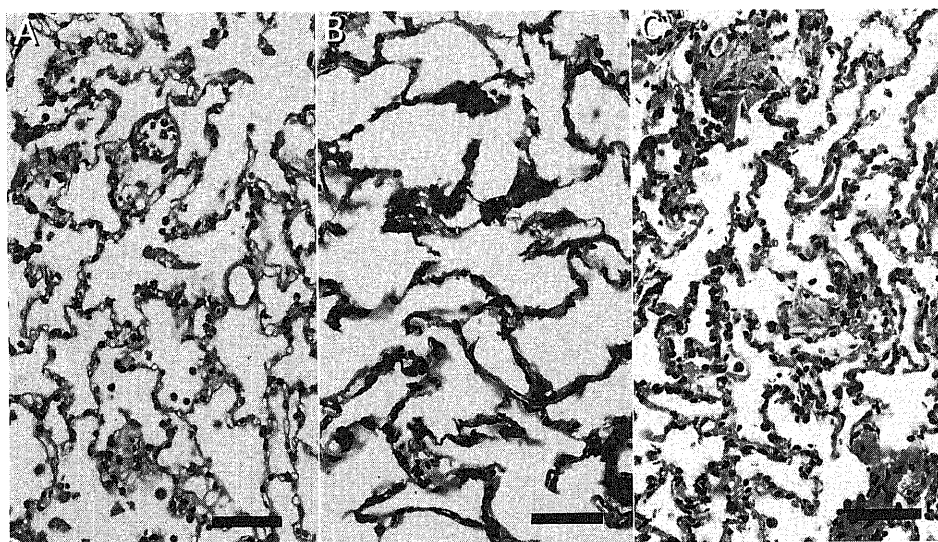


Fig. 17. Histological findings of groups with left lung atelectasis by closing bronchus for 1, 3 and 6 month. (A) Left lung which was collapsed for 1 month and treated with bronchoplasty 1 month ago has recovered morphologically from lung atelectasis and has showed almost normal alveolar structure. (B) Left lung which was collapsed for 3 months and treated with bronchoplasty 2 months ago has recovered morphologically from lung atelectasis and has showed almost normal alveolar structure. (C) Some parts of alveolar tissue in left lung which was collapsed for 6 month and treated with bronchoplasty 2 months ago have showed mild thickness of alveolar walls with fibrosis. Scale bar indicates $100\mu\text{m}$.

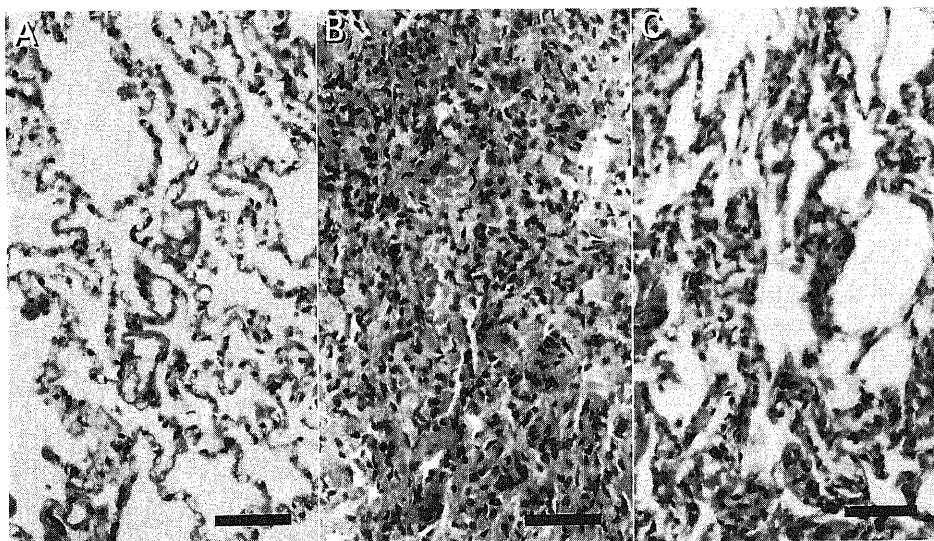


Fig. 18. Histological findings of group with left lung atelectasis by closing bronchus for 12 months. (A) Left lung before closure of bronchus shows normal alveolar structure. (B) Left lung with atelectatic procedure by closing left bronchus for 12 months shows remarkable collapse of alveolar structure. (C) Most parts alveolar tissue in left lung treated with bronchoplasty 2 months ago have showed mild thickness of alveolar walls with muscular hyperplasia, fibrosis and mild inflammation. Scale bar indicates $100\mu\text{m}$.

認めた。気管支閉鎖1ヵ月群では閉鎖1ヵ月後には1頭で病原菌を、気管支形成1ヵ月後には4頭で病原菌を認めた。気管支閉鎖6ヵ月群でも閉鎖6ヵ月後には2頭で病原菌を、気管支形成2ヵ月後には4頭で病原菌を認めた。気管支閉鎖12ヵ月群では閉鎖8ヵ月に2頭で緑膿菌感染により死亡し、閉鎖12ヵ月後には1頭で病原菌を認めた。気管支形成施行4例中3頭で気管支形成2ヵ月後に病原菌を認めた。

Ⅶ. 病理組織学的所見

気管支閉鎖2週間群においては閉鎖2週後では肺胞は完全に虚脱、正常肺胞構造は消失し、細気管支閉塞とその周囲の炎症細胞浸潤を認めた(図16B)。気管支形成1ヵ月後には肺胞と気管支の構造が完全に回復し、炎症細胞浸潤も見られなく、正常な肺胞組織所見であった(図16C)。気管支閉鎖1ヵ月群においても形成1ヵ月後には気管支と肺胞の構造は完全に回復した(図17A)。気管支閉鎖3ヵ月群では形成2ヵ月後には肺胞と気管支の構造はほぼ完全に回復したが、細気管支周囲に軽度の組織球、好中球浸潤を認めた(図17B)。気管支閉鎖6ヵ月群においては形成2ヵ月後には肺胞壁の軽度肥厚と組織球、好中球浸潤を認めた(図17C)。気管支閉鎖12ヵ月群においては閉鎖12ヵ月後には気管支内に大量の膿があり、細気管支内とその周囲に組織球、好中球の浸潤を強く認めた。形成後2ヵ月でも気管支と肺胞構造の回復は不完全で、肺胞間質肥厚と線維化を認め、一部に肺胞構造の破壊も認めた(図18)。

考 察

気管支形成術は病変部のみを切除し、気管支の再建を行うことにより、肺機能の温存、生理的換気の維持を図ることを目的として、1950年代にPrice-Thomas¹⁾によって創始され、外科手術技術や麻酔技術の進歩により、今日では気管支形成術は肺癌に対して機能温存術式として確立されつつある^{3)~6)}。さらに微小肺癌、低悪性肺癌に対しては根治性を追求しながら肺機能を温存するために、肺切除を伴わない気管支再建術も報告されている^{17)18)26)~28)}。また肺機能検査および肺スキャンでも、縮小気管支形成が有意義な術式であることが確認されている²⁷⁾。一方、気管支形成術の適応となる良性疾患としては気管支結核などの炎症性^{7)~11)}、良性腫瘍¹²⁾¹³⁾、外傷性¹⁴⁾¹⁵⁾による狭窄あるいは閉塞がある。最近、多剤耐性結核菌によるリンパ節の気管支壁への波及を成因とする気管支結核が多いとされている²⁹⁾³⁰⁾。これらは気管支中樞部に好発し、限局性であることが多いことから、瘢痕狭窄、閉塞が進行した場合、病変部のみを切除、気道を再建し、肺機能回復を図れる気管支形成は合理的術式といえる^{19)~21)29)30)}。しかし、長期間無気肺例では、いかなる条件であれば肺切除を行わず気道再建により無気肺の機能が回復できるか、また気管支形成後の吻合部の創傷治癒過程、肺機能回復過程については、いまだ実験的基礎研究報告文献は少ない²⁰⁾²¹⁾。

本研究では、実験的中樞気道の閉塞による長期間無気肺を作成し、どの位の期間の無気肺まで肺機能は可逆的であるかを検討した。その結果、気管支閉塞6ヵ月までの実験群では気管支形成術により胸部レントゲン写真上、無気肺は完全に再膨張し、肺機能はほぼ正常に回復し、気管支鏡では特に異常所見はなく、病理学検査でもほぼ正常な肺胞構造所見を認め、気管支閉鎖肺6ヵ月までは気管支形成により肺機能回復が図りえることが確認された。

再建肺の機能回復過程を知る目的で、経時的に動脈血ガス分析、肺表面組織血流量を測定し詳細に検討した。各群とも左気管支閉鎖直後から動脈血酸素分圧が有意に低下し、1ヵ月後には左肺の肺内シャント減少のため、動脈血酸素分圧が少しずつ上昇する傾向があるが、閉鎖直後に比較して有意差はなかった。Benfieldら²¹⁾²²⁾は左無気肺作成モデルでは心拍出量の14%がシャントとなると報告している。気管支閉鎖2週間、1ヵ月、3ヵ月、6ヵ月群では気管支形成直後より動脈血酸素分圧は改善、その後も徐々に上昇し、形成後1~2ヵ月には、気管支形成前と比較して動脈血酸素分圧は有意に上昇した。西村ら¹⁶⁾の臨床報告の肺換気血流シンチ検討でも、気管支形成術3ヵ月後には再建肺の換気、血流の回復を認め、再建肺が機能していることが確認されている。

本研究では形成直後の再建肺単独の肺機能を検討するため、無気肺1ヵ月群については左気管支閉鎖前、形成術直後、形成1ヵ月後に右肺門部をクランプ遮断し、左肺(再建肺)のみの肺機能について検討した。この対側肺門遮断テストは肺移植実験で行われている手技で、対側正常肺による代償を除外し、再建肺のみを正確に評価するのに必要である³¹⁾³²⁾。気管支形成1ヵ月後の動脈血酸素分圧、肺表面組織血流量、肺動脈圧の測定値は気管支閉鎖前とほぼ同値であり、気管支閉鎖1ヵ月群では左肺は機能的にも可逆的であったことが判明した。気管支形成直後では気管支閉鎖前や形成1ヵ月と比較して有意差はないものの動脈血酸素分圧、肺表面組織血流量は軽度低値で、肺動脈圧は軽度高値であった。気管支形成術2日後でのレントゲン写真では軽度の肺水腫陰影を認めており、この形成直後の機能低下は長期無気肺再膨張時に発生する再膨張障害による肺水腫と推測される^{33)~35)}。本実験では形成直後の肺水腫は一過性であり、その後肺機能は完全に回復したが、臨床においては形成直後には厳密な術後管理が必要であることが示唆される³⁶⁾。

本研究では気管支鏡により、経時的に左気管支閉鎖部と吻合部の創傷治癒過程も検討した。形成後3日目にほとんどの実験群では気管支吻合部に発赤、浮腫、軽度の出血等、軽い炎症所見を認めた。形成1週目にも軽度の炎症所見を認めたが、形成2週目に吻合部の粘膜上皮再生は完成していた。形成1ヵ月目に吻合部は完全に治癒し、吻合部の縫合不全、狭窄、肉芽増殖も認めず、気管支吻合部治癒過程は良好であった。正常肺での気管支形成術に対するWatanabeら³⁷⁾や小田³⁸⁾の研究結果と一致しており、長期無気肺は気管支再建後の気管支吻合創傷治癒には影響しないことが判明した。

気管支結核による気管支狭窄閉塞の臨床例において、術前の喀痰または気管支洗浄液などの細菌培養検査では陰性が84.5%を占め、残る15.5%は陽性であったと報告されている³⁹⁾。本研究では気管支形成直前と形成後1~2ヵ月に左肺内の細菌培養を施行したが、細菌感染率は気管支閉鎖の期間と平行して増加した。気管支閉鎖2週群の全例は好気培養陰性であったが、気管支閉鎖1ヵ月群で16.7%、6ヵ月群で33.3%が培養陽性となり、12ヵ月群の2頭は閉鎖8ヵ月後に緑膿菌感染により死亡した。気管支形成1~2ヵ月後の左気管支内細菌培養の陽性率はそれぞれに33.3%、66.6%、66.6%、75.0%であった。感染の危険性からも気管支閉鎖期間6ヵ月以内での気道再建が望ましいと考えられる。

病理組織学的所見でも、左気管支閉鎖による無気肺期間が長くなるにつれ、気管支内腔とその周囲には好中球、リンパ球、

組織球を主体とした炎症細胞浸潤が強くなり、軽度気管支肺炎から慢性気管支炎を併発した状態であった。気管支閉鎖2週、1ヵ月、3ヵ月群では、気管支形成1～2ヵ月後には細気管支、肺胞の組織構築はほぼ完全に回復した。しかし、気管支閉鎖6ヵ月群では一部に肺胞壁の線維性肥厚が観察された。特に無気肺12ヵ月群では、炎症細胞浸潤が高度となり、一部の気管支内腔には膿が充満し、形成後2ヵ月では肺胞と気管支の組織構築は回復が不完全な部が多く、所々に肺胞壁の線維性肥厚が観察され、一部に肺胞構造の破壊も認めた。Tannenbergら²⁰⁾も実験的長期無気肺の再膨張後には、病理組織学的に炎症後気管支拡張を認めたと報告している。このように病理組織学的検討からも無気肺期間6ヵ月以内での気道再建が望ましいと考えられた。

結 論

中枢気道閉塞による長期無気肺において、気管支形成術により機能回復を期待できるかを実験的無気肺モデルにて検討し、以下の結果を得た。

1. 左主気管支閉鎖2週後では、左肺は胸部レントゲン写真上完全無気肺になり、有意に動脈血酸素分圧、肺表面組織血流量は低下した。

2. 胸部レントゲン写真所見上、気管支閉鎖2週群では気管支形成2日後には軽度の肺水腫を認めるも、形成2週後には左肺はほぼ完全に再膨張した。気管支閉鎖1ヵ月、3ヵ月、6ヵ月群でも気管支形成1～2ヵ月後には左肺は良好に再膨張し、異常所見は認めなかった。気管支閉鎖12ヵ月群では気管支形成2ヵ月後に含気不良部位、肺内浸潤陰影を認めた。

3. 気管支鏡所見では気管支閉鎖2週、1ヵ月、3ヵ月、6ヵ月の各群にて気管支形成1週後では軽度の炎症所見を認めたが、形成2週後には粘膜上皮の再生があり、吻合部の治癒過程は良好であった。全過程を通じて吻合部の縫合不全、肉芽増殖、狭窄を認めなかった。気管支閉鎖12ヵ月群の気管支形成施行4頭でも、気管支吻合部の治癒過程は良好であった。

4. 気管支閉鎖2週、1ヵ月、3ヵ月、6ヵ月群では気管支形成術により徐々に動脈血酸素分圧、肺表面組織血流量は改善、形成1～2ヵ月後では、形成前(左無気肺)と比較して有意に上昇し、ほぼ気管支閉鎖前値まで回復した。気管支閉鎖12ヵ月群では気管支形成後に動脈血酸素分圧、肺表面組織血流の回復は認められなかった。動脈血酸素飽和度と動脈血二酸化炭素分圧は実験過程で有意な変動は認めなかった。

5. 再建左肺単独の肺機能は一過性の低下が認められたが、形成1ヵ月後には気管支閉鎖前までに回復した。

6. 左肺内細菌培養では、気管支閉鎖期間が長期化するとともに、細菌培養の陽性率は高くなり、気管支閉鎖12ヵ月群では緑膿菌感染により閉鎖8ヵ月後に2頭死亡した。また気管支形成後も気管支閉鎖期間が長期化するにつれ細菌培養陽性率は高くなった。

7. 病理組織学的所見では、気管支閉鎖2週から3ヵ月群では気管支形成1～2ヵ月後に肺胞と気管支の組織構築がほぼ完全に回復したが、気管支閉鎖6ヵ月群では一部に肺胞壁の線維性肥厚を認めた。気管支閉鎖12ヵ月群では、気管支内腔とその周囲に好中球、組織球を主体とした高度炎症細胞浸潤、一部の気管支内腔の膿充満を認め、慢性気管支炎状態であった。気管支形成後も肺胞と気管支の組織構築の回復は不完全で、無気

肺の残存、肺胞壁の線維性肥厚、肺胞構造の破壊を認め、慢性気管支炎を併発していた。

以上の結果から、6ヵ月間の気管支閉鎖による長期無気肺でも気管支形成術により肺機能回復を図れることが示唆された。

謝 辞

稿を終えるに臨み、終始ご懇篤なる御指導、御校閲を賜りました恩師渡辺洋宇教授に深甚なる謝意を捧げます。また、病理学的検討に際し御助言、御指導を賜りました金沢大学医学部病理学第二講座中沼安二教授、片柳和義博士に心からの感謝の意を表します。統計学処理について御指導を賜りました金沢大学医学部衛生学講座谷井秀治助教授に心からの感謝の意を表します。終始直接御教示、御助言、御校閲を賜りました金沢大学医学部外科学第一講座村上真也講師、小田 誠助手に心からの感謝の意を表します。併せて本研究に御支援、御協力いただきました外科学第一講座各位に深く感謝致します。また、病理標本作成に御協力頂いた田中洋子氏に深く感謝致します。

なお、本研究の一部は第22回日本外科系連合学会総会(1997, 大阪)、第15回日本呼吸器外科学会総会(1998, 東京)において発表した。

文 献

- 1) Pllice-Thomas C. Conservative resection of bronchial tree. *J R Coll Surg Edinb* 1: 169-186, 1956
- 2) Paulson DL, Shaw RR. Results of bronchoplastic procedures for bronchogenic carcinoma. *Ann Surg* 151: 729-740, 1960
- 3) 渡辺洋宇, 佐藤日出夫, 小林弘明, 飯田茂穂. 肺癌に対する気管・気管支形成術とその成績. *日胸外会誌* 34: 140-146, 1987
- 4) Watanabe Y, Shimizu J, Oda M, Hayashi Y, Watanabe S, Yazaki U, Iwa T. Results in 104 patients undergoing bronchoplastic procedures for bronchial lesions. *Ann Thorac Surg* 50: 607-614, 1990
- 5) Faber LP, Jensik RJ, Kittle CF. Results of sleeve lobectomy for bronchogenic carcinoma in 101 patients. *Ann Thorac Surg* 37: 279-285, 1984
- 6) Deslauriers J, Gaulin P, Beaulieu M, Piraux M, Bernier R, Cormier Y. Long-term clinical and functional results of sleeve lobectomy for primary lung cancer. *J Thorac Cardiovasc Surg* 92: 871-879, 1986
- 7) Gebauer PW. Bronchial resection and anastomosis. *J Thorac Surg* 26: 241-260, 1953
- 8) Caligiuri PA, Banner AS, Jensik RJ. Tuberculous main-stem bronchial stenosis with sleeve resection. *Arch Intern Med* 17: 1302-1303, 1984
- 9) 渡辺洋宇, 佐藤日出夫, 飯田茂穂, 小林弘明, 山田哲司, 木元春生, 船木芳則, 麻柄達夫, 岩 喬, 松原藤継, 北川正信. 炎症性狭窄にたいする気管・気管支形成術—その適応と問題点—. *気管支* 5: 417-424, 1983
- 10) Watanabe Y, Murakami S, Oda M, Hayashi Y, Ohta Y, Shimizu J, Kobayashi K, Sato H, Kobayashi H, Nonomura A. Treatment of bronchial Stricture due to endobronchial tuberculosis. *World J Surg* 21: 480-487, 1997
- 11) Kato R, Kakizuki T, Hangai N, Sawafuji M, Yamamoto T, Kobayashi T, Watanabe M, Nakayama M, Kawamura M, Kikuchi K, Kobayashi K, Ishihara T. Bronchoplastic procedures for tuberculous bronchial stenosis. *J Thorac Cardiovasc Surg* 106:

1118-1121, 1993

12) D'abreu AL, MacHale SJ. Bronchial "adenoma" treated by local resection and reconstruction of the left main bronchus. *Br J Surg* 39: 355-357, 1951-1952

13) Alp M, Ucanok D, Dogan R, Kaya S, Cetin G, Unlu M, Yorulmaz F, Moldibi B. Surgical treatment of bronchial adenoma: results of 29 cases and review of the literature. *Thorac Cardiovasc Surg* 35: 290-294, 1987

14) Mahaffey DE, Creech OJr, Boren HG, Debaeky ME. Traumatic rupture of the left main bronchus successfully repaired eleven years after injury. *J Thorac Surg* 32: 312-331, 1956

15) Logeais Y, Florent D, Danrigal A, Barre E, Maurel A, Vanetti A, Renault P, Galey JJ, Mathey J. Traumatic rupture of the right main bronchus in an eight-year-old child successfully repaired eight years after injury. *Ann Surg* 172: 1039-1047, 1970

16) 西村嘉裕, 池田高明, 酒井忠昭, 植竹健司. 気管支形成術により長期間無気肺であった肺を温存した気管支結核の1例. *日胸疾患誌* 25: 1223-1228, 1987

17) 渡辺洋宇, 佐藤日出夫, 岩 喬, 北川正信. 一側無気肺を呈したMucoepidermoid Carcinomaに対する気管・気管支形成術の経験. *気管支* 4: 87-93, 1982

18) 水渡哲史, 石原恒夫, 山崎史郎, 小林絃一, 加勢田静, 鈴木 隆, 西村嘉裕, 酒井章次, 加藤良一, 山沢文裕, 川城丈夫, 岡田康昌. 気管・気管支再建により無気肺の含気性を取り戻すことができた腺様嚢胞癌の1例. *胸部外科* 38: 700-705, 1985

19) 坪田紀明, 八田 健, 松原正秀, 柳川昌弘, 吉村雅裕. 気管気管支吻合により1ヵ月余続いた無気肺葉が再建された結核性気管狭窄, 気管支閉塞の1例. *日胸外会誌* 36: 2667-2672, 1988

20) Tannenberg J, Pinner M. Atelectasis and bronchiectasis, an experimental study concerning their relationship. *J Thorac Surg* 11: 571-616, 1942

21) Benfield JR, Harrison RW, Perkins JF, Long ET, Herman GP, Adams WE. The reversibility of chronic atelectasis. *Surg Forum* 8: 473-478, 1958

22) Benfield JR, Long ET, Harrison RW, Perkins JF, Herman GP, Adams WE. Should a chronic atelectatic lung be aerated or excised? *Dis Chest* 37: 67-73, 1960

23) Long ET, Adams WE, Benfield JR, Mikouchi T, Reimann AF, Nigro S. Altered hemodynamic in the pulmonary circulation following re-aeration of an atelectatic lung. *J Thorac Cardiovasc Surg* 40: 640-652, 1960

24) Watanabe Y, Murakami S, Iwa T, Murakami S. The clinical value of high-frequency jet ventilation in major airway reconstructive surgery. *Scand J Thorac Cardiovasc Surg* 22: 227-233, 1988

25) 村上眞也. 気管気管支形成術における高頻度ジェット換気法使用に関する基礎的研究. *金沢大学十全医学会雑誌* 96: 231-251, 1987

26) 西村嘉裕, 加藤良一, 堀之内宏久, 石原恒夫. 肺を温存して切除できた右上葉原発の気管支カルチノイドの1例. *日胸外会誌* 35: 1056-1059, 1987

27) Watanabe Y, Oda M, Shimizu J, Hayashi Y, Ohta Y, Iwa T, Tonami N, Hisada K. Functional Advantage of parenchymal-sparing surgery for early hilar lung cancer. *Tohoku J Exp Med* 163: 135-148, 1991

28) Murakami S, Watanabe Y, Saitoh H, Yamashita R, Shimizu J, Oda M, Hayashi Y. Treatment of multiple primary squamous cell carcinomas of the lung. *Ann Thorac Surg* 60: 964-969, 1995

29) 藤村重文, 近藤 丘, 山内 篤, 半田政志, 岡部 健, 塩ノ崎文博, 佐藤博俊, 新田澄郎, 仲田 祐. 結核性気管支狭窄に対するSleeve Lobectomy. *外科* 43: 806-812, 1981

30) 安野 博, 関口一雄, 宮下 脩, 石原恒夫, 上村 等, 佐藤孝次, 武田清一, 奥井津二, 松山 明, 守 純一, 徳田均. 気管支の結核性閉塞狭窄例に対する外科療法. *日胸* 44: 817-825, 1981

31) Hirai T, Waddell TK, Puskas JD, Wada H, Shigeki H, Gorczunski RM, Slutsky AS, Patterson GA. Prolonged lung allograft survival with a short course of FK 506. *J Thorac Cardiovasc Surg* 105: 1-8, 1993

32) Sekido N, Mukaida N, Harada A, Nakanishi I, Watanabe Y, Matsushima K. Prevention of lung reperfusion injury in rabbits by a monoclonal antibody against interleukin-8. *Nature* 365: 654-657, 1993

33) Ziskind MM, Weil H, George RA. Acute pulmonary edema following the treatment of spontaneous pneumothorax with excessive negative intrapleural pressure. *Am Rev Respir Dis* 92: 632-636, 1965

34) Sewell RW, Fewel J, Grover FL, Arom KV. Experimental evaluation of reexpansion pulmonary edema. *Ann Thorac Surg* 26: 126-132, 1978

35) Rozenman J. Re-expansion pulmonary oedema following spontaneous pneumothorax. *Respir Med* 90: 235-238, 1996

36) Lemoine E, Martin L, Robert M, Suc AL, Mercier C. Postoperative re-expansion causing unilateral pulmonary edema. *Ann Fr Anesth Reanim* 11: 464-466, 1992

37) Watanabe Y, Oda M, Shimizu J, Hayashi Y, Iwa T, Nakanishi I, Kawahara E, Sugita T, Nishi M. Experimental study on wound healing at the anastomotic site of the reconstructed airway. *Surg Res Comm* 10: 267-277, 1991

38) 小田 誠. 気道再建手術後の吻合部における創傷治癒過程に関する実験的研究. *金沢大学十全医学会雑誌* 98: 62-73, 1989

An Experimental Study on Restoration of Lung Function by a Bronchoplastic Procedure after Long-term Atelectasis Song Zhi Yi, Department of Surgery (1), School of Medicine, Kanazawa University, Kanazawa 920-8640 – J. Juzen Med Soc., 107, 333 – 344 (1998)

Key words closure of bronchus, atelectasis, bronchoplastic procedure, restoration of lung function

Abstract

Bronchoplastic surgery is now approved as a surgical procedure for atelectasis due to benign bronchial stricture and low-grade malignant tumors, but the tolerable period of atelectasis and the process of restoration of lung function are unknown. Atelectasis of the entire left lung was produced in 30 mongrel dogs by closing the main bronchus with autosutures, and resection of the left closed bronchus and bronchial reconstruction (end-to-end anastomosis) was performed after 2 weeks (group 1), 1 month (group 2), 3 months (group 3), 6 months (group 4) and 12 months (group 5) of bronchial closure. Post-operative evaluation was made by chest X-ray, bronchoscopy, blood gas analyses, blood flow of the lung surface and bacterial culture. In groups 1-4, the left lung was completely inflated 2 weeks after bronchoplasty, and bronchoscopic examinations showed normal healing of the anastomotic site. The arterial oxygen pressure (PaO_2) and surface blood flow in the left lung 1-2 months after bronchoplasty were restored to the baseline level. For evaluating unilateral function of the reconstructed lung, the right hilum was clamped in the group with 1-month bronchial closure. Although the left reconstructed lung function was slightly poor immediately after bronchoplasty, it was restored to the baseline level one month later. Histological findings of groups 1, 2 and 3 showed almost normal alveolar structure, but a mild thickening of the alveolar walls with fibrosis and muscular hyperplasia was found in group 4. In group 5, two dogs died due to lung abscess with *Pseudomonas aeruginosa* 8 months after bronchial closure. Four dogs were treated by bronchoplasty, but chest X-ray films showed the poor lung expansion and infiltration on two dogs. The arterial oxygen pressure and blood flow in the lung were not restored to the baseline level. Histological examination of group 5 showed thickened alveolar walls with muscular hyperplasia and fibrosis, and inflammation. It is therefore concluded that use of bronchoplastic surgery on atelectatic lung results in recovery of viable lung function if performed within 6 months of the bronchial closure.