

肺区域切除術後の積極加圧法による肺再膨張に関する研究

第 1 編

肺区域切除術後の積極的加圧法による肺再膨張に関する実験的研究

(本論文の要旨は第32回中国四国外科学会, 第12回,
第13回国立病院, 療養所総合医学会に発表した)

岡山大学医学部第1(陣内)外科教室(指導:陣内教授)

日 下 哲 雄

〔昭和34年2月26日受稿〕

目 次

第1章 緒言並に文献	第1節 実験材料及び実験方法
第2章 空気もれに関するモデル実験	第2節 実験成績
第1節 空気もれの物理	第1項 肺区域切除術後の空気もれと加圧による空気もれの変化
第2節 実験方法	第2項 加圧と再膨張
第3節 実験成績	第3項 末梢気管柱の切り放しと空気もれ
第1項 弾性囊の加圧と空気もれ並に膨張	第4項 胸腔内圧と空気もれと再膨張
第2項 張力の作用する有孔弾性囊の加圧と空気もれ並に膨張	第5項 加圧の肺実質及び切離面に及ぼす影響
第3項 容器内における弾性囊の加圧と空気もれ並に膨張	第4章 総括並に考按
第4項 摘出動物肺加圧実験	第5章 結 論
第3章 空気もれと再膨張に関する動物実験	参考文献

第1章 緒言並に文献

Overholt¹⁾ は当初肺切除術後残存肺の結核病巣の再燃や合併症防止のために, 原則として肺切除術後に追加胸成を加える必要のあることをのべた(Shabart²⁾, Dark³⁾, 都築⁴⁾, 吉村⁵⁾, 宮本⁶⁾等). その後肺切除例の増加とともに術後残存肺の再膨張について検討が加えられるようになり, 次第に追加胸成を加えない方が良いとの説もあらわされ, さらに積極的に再膨張をはかるようとする方向に努力がなされてきた(Eerland⁷⁾, Efskind⁸⁾, 鈴木⁹⁾, 高橋¹⁰⁾, 片山¹¹⁾, 河合¹²⁾, 塩沢¹³⁾, 北本¹⁴⁾, 江草¹⁵⁾, 加納¹⁶⁾, 内藤¹⁷⁾, 畑中¹⁸⁾, 岩間¹⁹⁾等). また牧野²⁰⁾,

武田²¹⁾等は積極的に再膨張をはかること自体が術後合併症とくに気管枝瘻, 膿胸を少なくするのべている. 伊藤²²⁾, 林田²³⁾, 二村²⁴⁾等は肺切除術後間歇陽圧を加えることにより, 心肺機能, 残存肺の再膨張に好影響を期待できるといつている.

私は従来簡略視されている空気もれが術後の経過, 再膨張の良否にとくに関係し, ひいては気管枝瘻形成に密接な関係を有するものと考え, 術後の空気もれについて検討を加えるとともに術後間歇加圧呼吸を行わしめた場合の空気もれの変化, 再膨張, 肺の実質及び切離面に及ぼす影響を明らかにし, 区域切除術後の間歇加圧呼吸法の効果を検討した.

第2章 空気もれに関するモデル実験

第1節 空気もれの物理

肺からの空気もれを一般物理学的に取扱うことは非常に複雑で困難であるため、最も簡単に弾性囊の単一孔からもれる空気について考えてみよう。いま

1) 孔の大きさを一定と考えると、孔の断面をSとすれば、 P_1 及び P_2 の圧力差により内から外に出る空気の速度は

$$v = \sqrt{\frac{2g(P_2 - P_1)}{\gamma}}$$

従つて内から外に出る空気の量 Q は

$$Q = CS \sqrt{\frac{2g(P_2 - P_1)}{\gamma}}$$

で表わされる。

注) C...流量係数で 1~0.7 (約0.8) S...cm², G...980, P...g/cm²

$$\gamma = \frac{1.293}{1 + 0.00376 t} \frac{h}{760} \times 10^{-3} \text{ g/cm}^3$$

t...温度 C°, h...水銀柱 Q...cm³/sec

2) この弾性囊を厚みのうすい弾性球体と考え、圧力差により孔の拡大を考える場合、

その円周方向応力を σ とすれば

$$\sigma = \frac{\Delta P r}{2t}$$

t は厚み, r は半径 (いずれも 1 気圧の下における値)

$$\Delta P = P_2 - P_1$$

$$\frac{\sigma}{E} = \epsilon = \frac{2\pi(r' - r)}{2\pi r} \left(r' = r \frac{\sigma}{E} + 1 \right)$$

面積比 $Sp_1 : Sp_2 = r^2 : r'^2$

$$Sp_2 = Sp_1 \frac{r'^2}{r^2} = Sp_1 \left(\frac{\sigma}{E} + 1 \right)^2$$

$$Sp_2 = Sp_1 \left(\frac{1}{E} \frac{\Delta P r}{2t} + 1 \right)^2$$

注) ΔP ...g/cm² t...cm r...cm

$$E \dots \frac{1}{980} (0.048 \sim 0.052) \times 10^{11} \text{ g/cm}^2$$

従つて

$$Q = 0.8 S_1 \left(\frac{1}{E} \frac{\Delta P r}{2t} + 1 \right)^2 \sqrt{\frac{2g\Delta P}{\gamma}} \text{ cm}^3/\text{sec}$$

$\gamma \approx 1$ とすれば

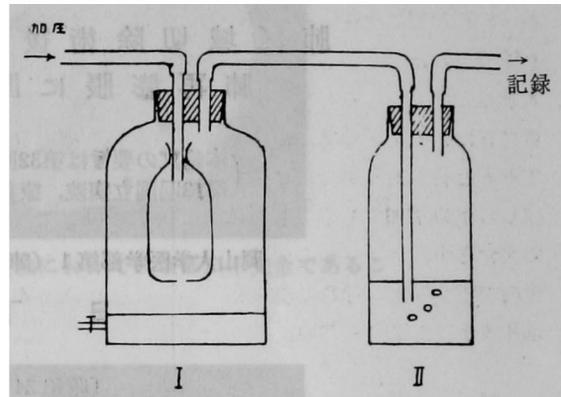
$$Q = 0.8 S_1 \left(\frac{1}{E} \frac{\Delta P r}{2t} + 1 \right)^2 \sqrt{2g\Delta P} \text{ cm}^3/\text{sec}$$

となる。即ち孔の大きさと圧力差を基本的観点として取上げて行けばよいことが明らかである。

第2節 実験方法

弾性囊の空気もれの状態を物理的に明らかにすることが困難な点から弾性ゴム囊の一部に孔をつくり之を加圧膨張せしめるときの空気もれを記録せしめるため、図1の如き装置を使用し、孔の大きさ、加

図1 空気もれ実験



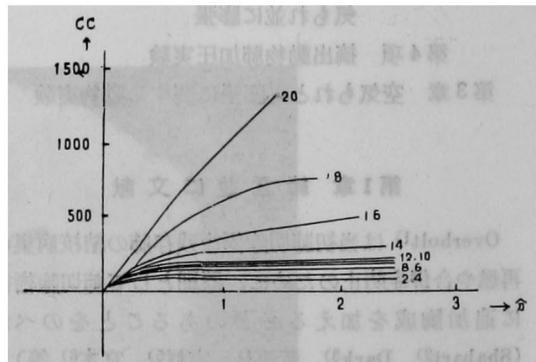
圧の程度をかえ、孔の部分に張力を働かせ、また孔に圧迫を加えて空気もれと膨張の状態の推移とを観察記録した。記録には福田式呼吸機能検査装置の記録装置を利用した。

第3節 実験成績

第1項 弾性囊の加圧と空気もれ並びに膨張

使用する弾性囊が加圧により膨張する状態を明らかにするため、2 cm, 4 cm, 6 cm, 8 cm, 10 cm, 12 cm, 14 cm, 16 cm, 18 cm, 20 cm 各水柱圧を以て加圧を加え膨張の状態を記録すると図2に示すご

図2 加圧による弾性囊の膨張

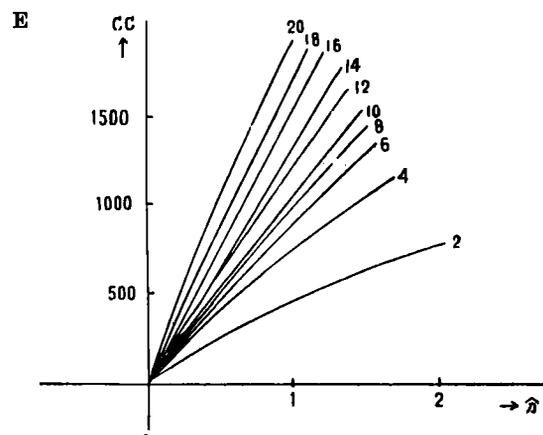
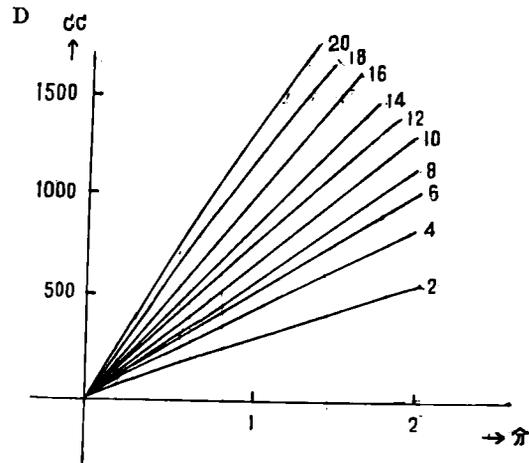
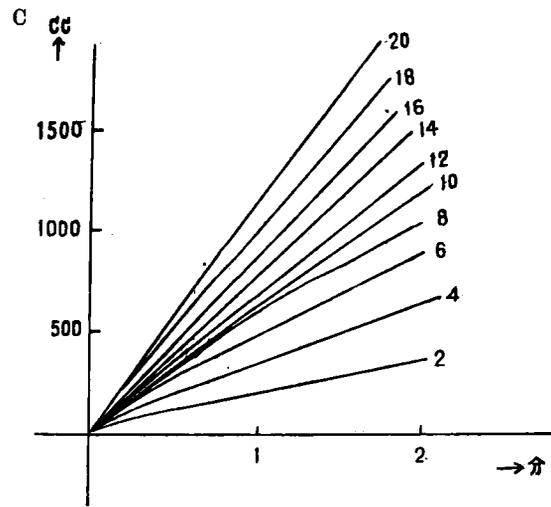
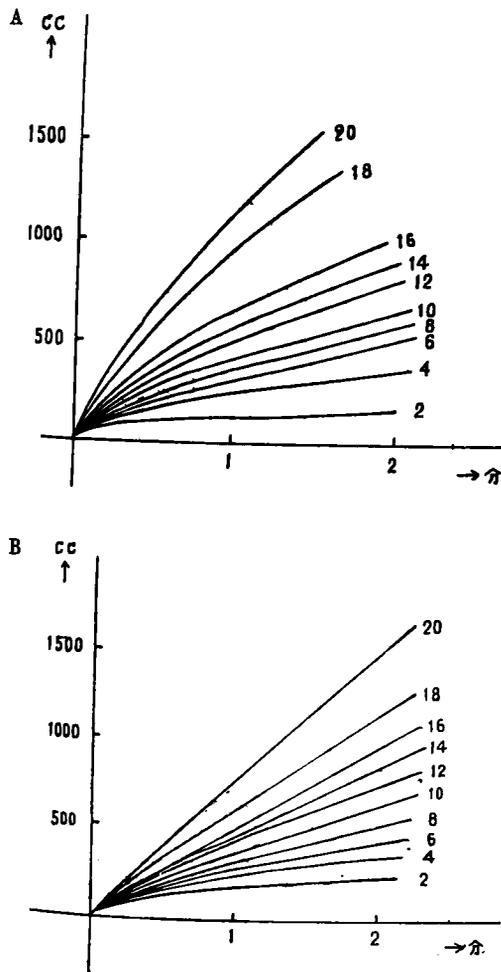


(表中数字は加圧 cm 水柱)

とく、2 cm 及び 4 cm 水柱圧では囊の弾力がつよくて十分に膨張しない。6 cm 及び 8 cm 水柱圧ではほぼ膨張し、10 cm, 12 cm 水柱圧では弾力と釣り合つて最もよく膨張している。14 cm 水柱圧以上では圧力が弾力に勝つて時間の経過とともに膨張し、弾性の疲労によつて圧を去つても元の大きさに戻ら

なくなる。いまこのゴム囊が加圧と釣合を保ちつつ十分に膨張する圧は 10 cm 水柱圧であり、このときの囊の大きさを標準として (+) で表わし、これをこえて膨張を続ける状態となるとき (++)、さらに膨張が著るしくて容器内腔を充すにいたるまでのものを (+++) で表わす。また逆に (+) の膨張に達しないものを (-)、その判定の困難な程度のもを (±) として比較した。弾性囊の尖端にそれぞれ直径 0.05 cm, 0.1 cm, 0.2 cm, 0.3 cm, 0.5 cm の大きさの孔をつくりこれからの空気もれと膨張の加算されたものを記録せしめ、孔のない場合と比較してみると孔のある場合には図 3, 表 1 に示すごとく、少しの圧の増加でも空気もれは著るしく増加し、孔の大きさが 0.5 cm 径の場合には 16 cm 水柱圧以上の加圧を加えなければ標準の大きさに達せず、且過伸展までには至らない。

図 3 加圧による有孔弾性囊の空気もれと膨張



註・A. B. C. D. E. は夫々孔の大きさ内径 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.5 cm を表わす。
表中数字は加圧 cm 水柱

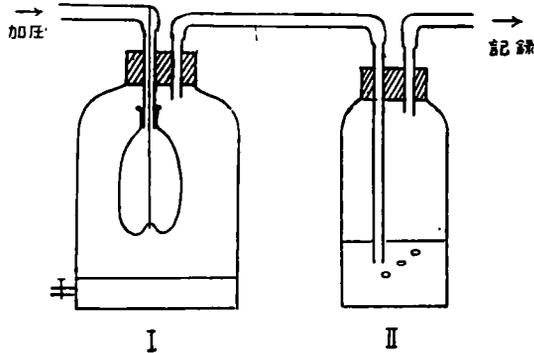
表1 加圧による有孔弾性囊の膨張状態

圧 (水柱 cm)	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Control	±	+	+	+	+	+	+	+	+	+
非張力群	0.05	±	±	+	+	+	+	+	+	+
	0.1	-	±	±	±	+	+	+	+	+
	0.2	-	-	±	±	+	+	+	+	+
	0.3	-	-	-	±	±	+	+	+	+
	0.5	-	-	-	-	±	±	+	+	+

第2項 張力の作用する有孔弾性囊の加圧と空気もれ並びに膨張

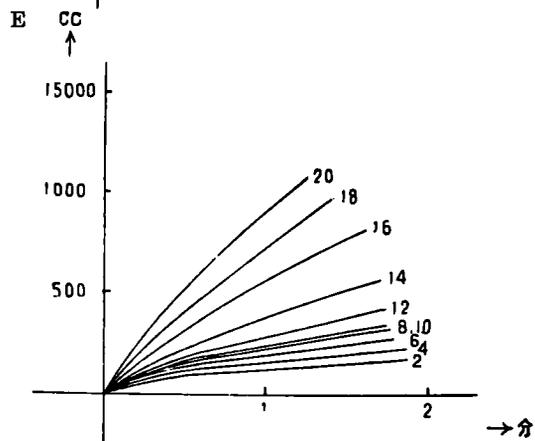
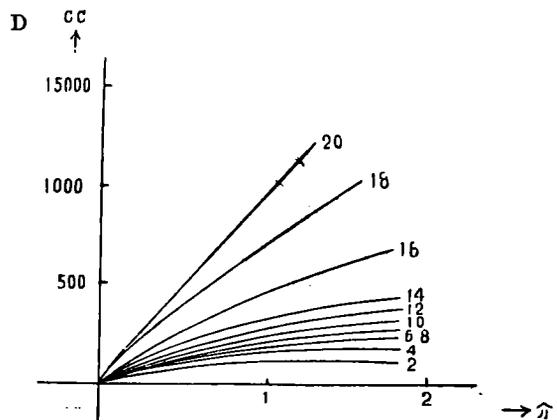
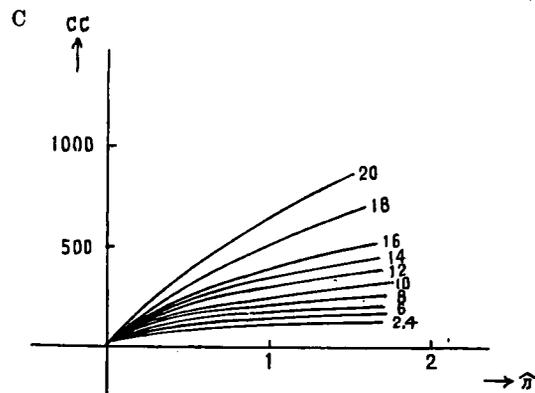
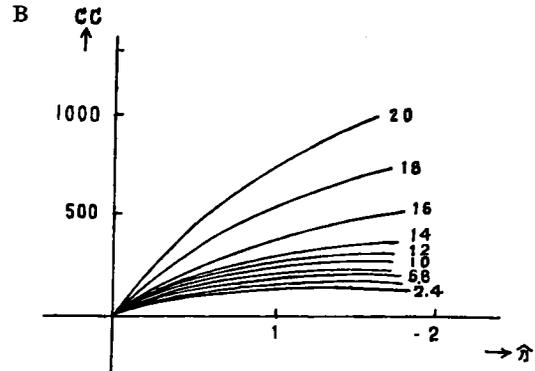
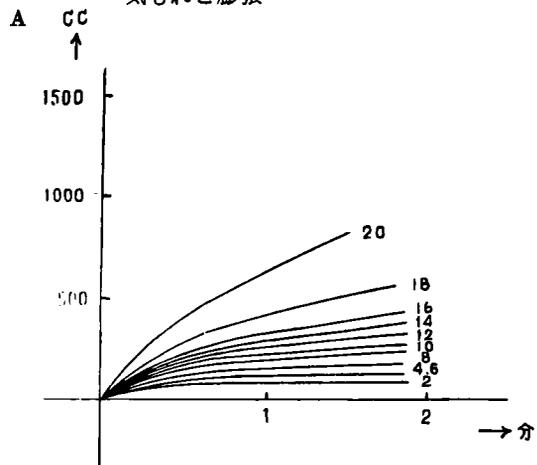
孔の部分に張力が作用してその伸展を妨げるとともに、周囲の部分により膨張して孔の部分をつめるように働くと、空気もれが減少することは容易に考えられることであり、従つて膨張の状態も空気もれが少い例に近づくであろうと思われる。これをたしかめるために孔の部分に接して、図4にみるがご

図4 張力を作用させた有孔弾性囊の空気もれ実験



とく糸を張つて伸展を妨げ、第1項における場合と同様に空気もれを描かせ膨張の状態を観察した。空気もれおよび膨張を第1項における場合と比較してみると図5、表2に示すごとく孔の大きい場合にも

図5 張力を作用せしめた有孔弾性囊の空気もれと膨張



註・A. B. C. D. E. は夫々孔の大きさ内径 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.5 cm を表わす。表中数字は加圧 cm 水柱

表2 張力を作用せしめた有孔弾性囊の膨張

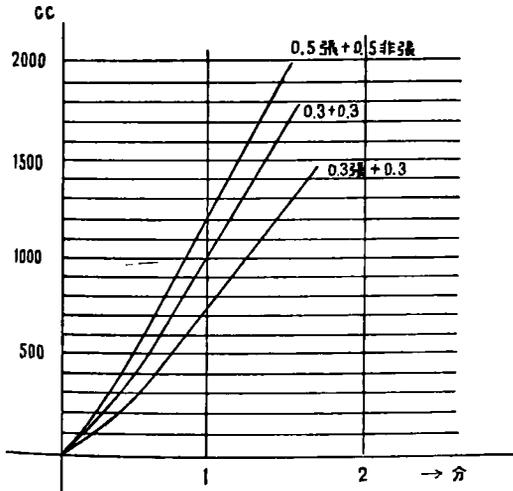
圧 (水柱 cm)	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Control	±	+	+	+	+	+	+	+	+	+
張力群	0.05	± ± ±	+	+	+	+	+	+	+	+
	0.1	± ± ±	+	+	+	+	+	+	+	+
	0.2	- ± ±	+	+	+	+	+	+	+	+
	0.3	- - ±	+	+	+	+	+	+	+	+
	0.5	- - ±	+	+	+	+	+	+	+	+

空気もれは少く、加圧による空気もれの増加も著しくなく、描いた曲線も空気もれのない場合に近い。従つて膨張も良好で、0.3 cm、0.5 cm 径の孔のある2, 4, 6 cm 水柱圧加圧例を除いては空気もれのない場合に近い状態を示している。

第3項 容器内における弾性囊の加圧と空気もれ

第1項及び第2項においては容器を充分に大きくして空気もれと膨張が全く自由に行われるように考えたが、容器を一定の大きさにしてこの中で孔が囊の膨張によつて変形、圧迫を受ける場合を考慮に入れる時、空気もれにも著るしい影響があると考えられる。之を調べるために容積 700 cc 入りの容器を使用し、この中で弾性囊の加圧を行う場合、孔を多数あけた空気もれの多い例では、図6のごとく囊は

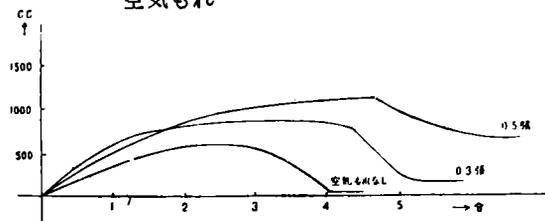
図6 一定容器内における空気もれ



註：表中数字は孔の大きさ cm を表わす

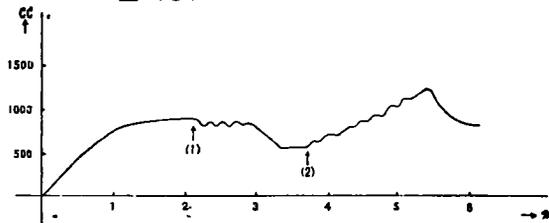
容器を充すまでの膨張状態に達せず、20 cm 水柱圧で加圧を行つても空気もれは増加の一方を示すだけである。之に反し空気もれのない場合、或は孔が小さく空気もれが少ない例では、図7のごとく完全に容器を充すまでに膨張しその後は空気もれは著しく

図7 一定容器内における弾性囊の膨張と空気もれ



減少している。即ち弾性囊の孔の部分の部分が圧迫されて空気もれが少ない状態となるが、この場合に加圧減圧をくり返したものと、膨張不十分で孔が圧迫をうけない状態のまま加圧減圧をくり返した場合とを比較してみると前者の場合には空気もれはほとんどない(図8(1))。しかし後者の場合には空気もれは持続して充分な膨張に達しえない(図8(2))。

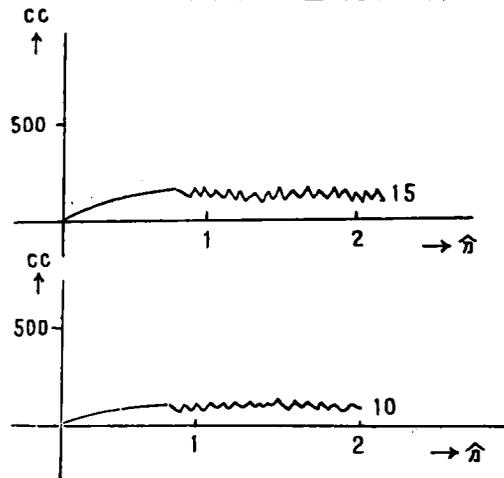
図8 一定容器内における弾性囊の加圧と空気もれ



第4項 摘出動物肺加圧実験

肺切離面よりの空気もれの状態をみるために、摘出せる成犬の片肺を摘出後直ちに前項の弾性囊の加圧と同様に膨張せしめ、切除肺に区域切除或いは部分的に切り放しを行つて空気もれを生ぜしめ、加圧の程度をかえて記録せしめた。空気もれのない場合に10 cm 及び15 cm 水柱圧で加圧してみると膨張良好である(図9)。区域切除を行い切離面の空気

図9 摘出動物肺加圧 (空気もれなし)



註：表中数字は加圧 cm 水柱

もれが少ない場合には 10 cm 及び 15 cm 水柱圧で加圧して膨張良好である (図10). また肺葉末梢を部分的に横切して切離面積約 4 cm² とし空気もれの多い場合には 10 cm 及び 15 cm 水柱圧で加圧しても膨張は不良であつた (図11).

図10 摘出動物肺加圧 (区切後)

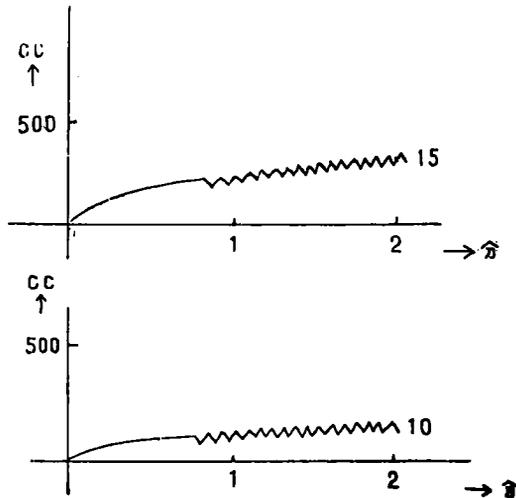
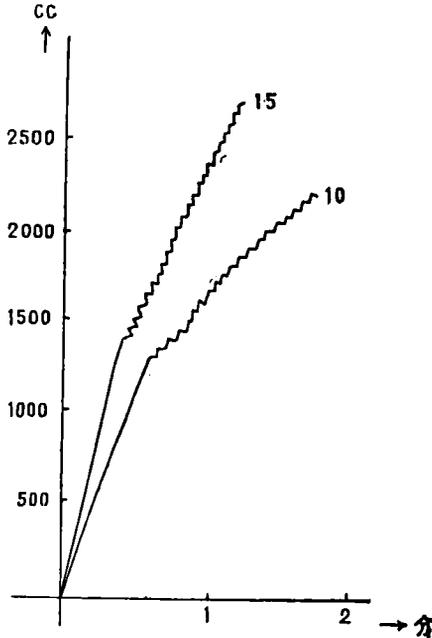


図11 摘出動物肺加圧 (部切り放し)



第3章 空気もれと再膨張に関する動物実験

第1節 実験材料及び実験方法

生体における肺切除術後の空気もれと再膨張の状態を明らかにするとともに、空気もれのある状態において気道から積極的に加圧を加え、早期に再膨張をはかるとき、空気もれ及び肺の膨張状態がいかな

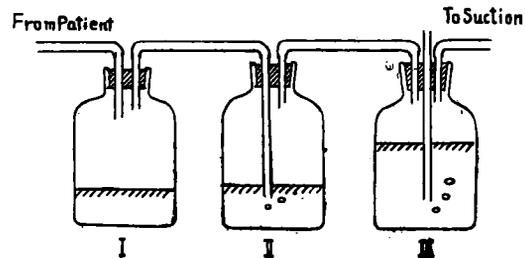
る経過をとるかを明らかにし、臨床的に応用しうるか否か、またその適用範囲を決定するために、次の如き方法により実験を行つた。即ち重量 8 kg 乃至 22 kg の健康成犬を使用し、ペントタール静脈麻酔のもとに気管内にチューブを挿入し、閉鎖循環式麻酔器に連絡してバッグの操作により随時任意の加圧が行えるように装置した。そして肺切除を行つて空気もれの状態を記録せしめるとともに適宜に X 線透視及び撮影を行つて再膨張の状態を検査した。

第2節 実験成績

第1項 肺区域切除術後の空気もれと加圧による空気もれの変化。

肺区域切除術後は多少に拘わらず空気もれがあり、香積等²⁶⁾は肺区域切除術後12時間までの空気もれと排液の状態について観察し、再膨張との関係をしらべてこれらに密接な関係がうかがえるとし、一般に術後 3~4 時間までの間に排気量の急激な減少をみとめ以後は緩除となる。排液量はこれよりややおくれ、5 時間までに急激に減少する。肺の再膨張はその大多数が10時間で完成するとしている。しかし空気もれの状態は各切除例で異なり、切離面の広さ、切離の方法、残存細小気管枝の開存の程度、術後の出血など多くの因子が考えられ、なお一層複雑である。また空気もれがあるうちに排液管を抜去するときには肺が再び収縮することもあつて、再膨張の状態を調べるには空気もれの停止を確認することが必要である。空気もれの状態を観察するため図12の如き吸引装置を用い、吸引には水流ポンプを使

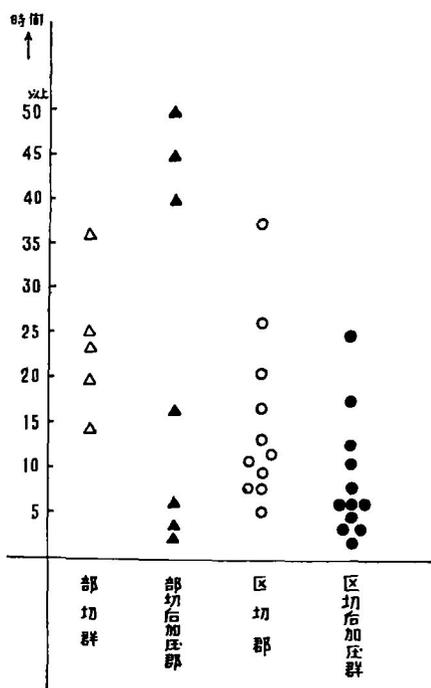
図12 三瓶法による吸引



用した。そして第2瓶で空気もれの状態と空気もれの停止までの時間を確実に観測した。肺には区域切除術を加え切離面の面積約 6~10 cm² としたものと、肺葉末梢を部分的に気管枝の走行とほぼ直角に横切して切離面を約 4~6 cm² としたものに 15~20 cm 水柱圧の陰圧で持続吸引を行い空気もれの状態を比較した。また同様肺切除動物に吸引圧を 5 cm 水柱圧以下とし、且気道より 15~20 cm 水柱圧の加

圧を加えた場合の空気もれの持続を観察比較した。加圧後もなお空気もれの持続している場合にさらに30分毎に呼吸にあわせて10分間の加圧をくり返した。その結果空気もれ持続時間は吸引のみを行つた例では区域切除例で7~12時間のものが最も多く、部分切除例では13~24時間のものが最も多い。しかし再膨張を促進させるために加圧を行つた例では区域切除では短縮の傾向にあり、0~6時間で止るものが多い。之に反し部分的に切り放した例では短縮するものと逆に著明に延長するもの2群に分れ、7例中3例は25時間以上に及んでいる(図13)。いま空気

図13 肺切後の空気もれ持続時間



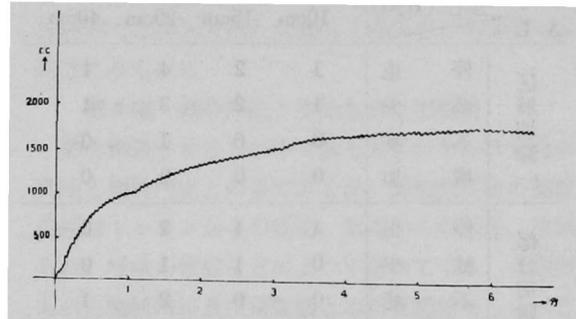
もれ持続時間によつてI群(0~6時間), II群(7~12時間), III群(13~24時間), IV群(25時間以上)に分つと表3を示すごとく区切後加圧群ではIV群に属するものはなく、部切群はI, II群に属するものもなく、区切群、部切後加圧群が前2者の中間にある。

表3 空気もれ持続時間(実験例)

空気もれ群(時間)	区切後加圧群	区切群	部切後加圧群	部切群	計
I(0-6)	7	1	2	0	10
II(7-12)	3	6	1	0	10
III(13-24)	2	2	1	4	9
IV(25-)	0	2	3	1	6
計	12	11	7	5	35

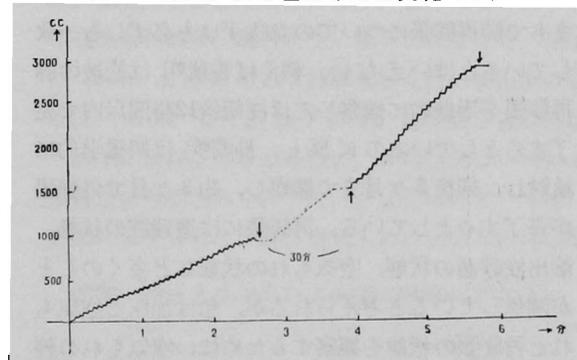
次に肺切除術後胸腔に入れたドレインからの空気もれを記録せしめつつ加圧して膨張を計る場合、空気もれの状態がいかに変化するかを見ると、区域切除術後切離面の空気もれが少く15cm水柱圧の加圧を続けることにより加圧とともに膨張が完全となり、肺の膨張によりほぼ胸腔を充しうるときには急速に空気もれが減少しそのまま停止するに至る(図14)。次に部分的に切り放しを行い切離面からの空

図14 加圧による空気もれの変化(1)



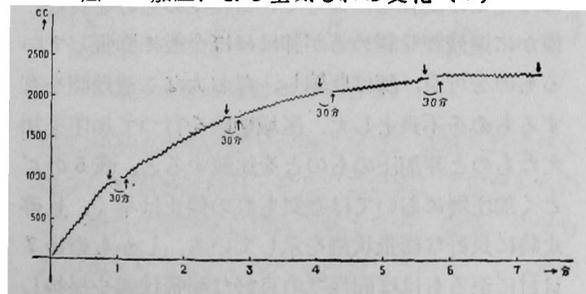
気もれの多い場合には加圧のたびに空気もれはむしろ増加し、加圧を止めると膨張せる肺は再び収縮して加圧の効果は期待できない(図15)。さらに区域

図15 加圧による空気もれの変化(2)



切除術を行い切離面の空気もれは多いが同様に加圧を加えてほぼ胸腔を充しうるときには、一度の加圧では空気もれの減少はみとめるが停止するに至らず、30分毎に加圧をくり返すとその度に空気もれは減少し遂には停止するに至る(図16)。次に加圧の程度

図16 加圧による空気もれの変化(3)



をかえ 10, 15, 20, 40 cm 水柱圧として同様に部分切除, 区域切除を行い加圧による空気もれの変化をみると表 4 に示すごとく, 一般に加圧後の空気もれは区域切除例では減少の傾向がつよいが, 部分切除例では減少の傾向のあるものは半数で 20 cm, 40 cm 水柱圧の加圧ではむしろ増加するものがみられた。

表 4 加圧と空気もれの変化

A. L		加圧 (H ₂ O)		10cm	15cm	20cm	40cm
		停	止				
区域 切除	停	止	1	2	4	1	
	減	少	1	2	3	1	
	不	変	0	0	1	0	
	増	加	0	0	0	0	
部分 切除	停	止	1	1	2	0	
	減	少	0	1	1	0	
	不	変	0	0	2	1	
	増	加	0	1	1	1	

第2項 加圧と再膨張

肺切除術後の肺再膨張に関しては従来多くの研究があり論議されてきたが論者によりその観点もまちまちで肺再膨張についての意味づけも必ずしも一致しているとはいえない。例えば香積²⁵⁾は術後の肺再膨張を形態的に観察してほぼ術後12時間以内で完了するとしているのに反し、柿崎²⁶⁾は組織学的に検討し、術後6ヶ月まで観察し、約3ヶ月で再膨張が完了するとしている。再膨張には遺残腔の状態, 滲出液貯溜の状態, 空気もれの状態など多くのことが関係していると考えられるが, 私は加圧と空気もれと再膨張の状態を観察するために, 空気もれの停止したとき及び術後7日目にX線撮影及び透視を行った。図17は加圧により空気もれが停止するとともに肺の良好な膨張状態を示している。図18は非加圧にて空気もれは停止しているが肺は退縮し膨張状態は不良なるを示している。X線像の所見から膨張の程度を良好, 可良, 不良の3群に分つた。残存肺がほぼ完全に胸腔をみたしている程度のを良好, 僅かに遺残腔を認めるが肺はほぼ全般に膨張しているものを可良, 肺は収縮し, なお大なる遺残腔を有するものを不良とした。区域切除を行つて加圧を加えたものと非加圧のものとを比較すると, 表5のごとく加圧群においては空気もれの停止は早く, 且停止時に良好な膨張状態を示している。しかも術後7日目に至るもほぼ同程度の良好な膨張状態を保持し

図17 加圧による良好な肺膨張

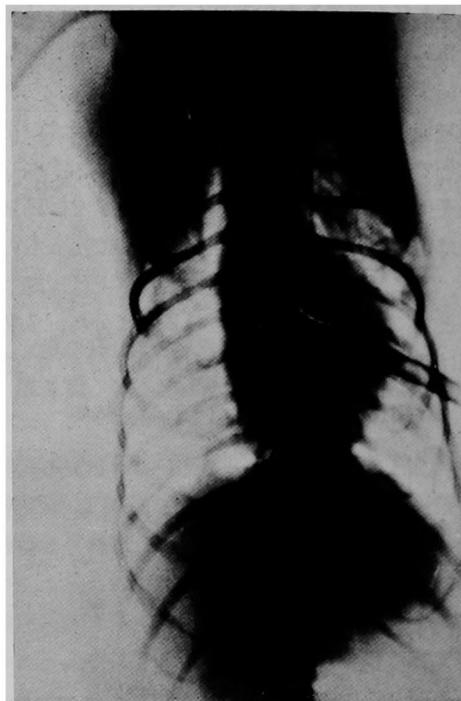
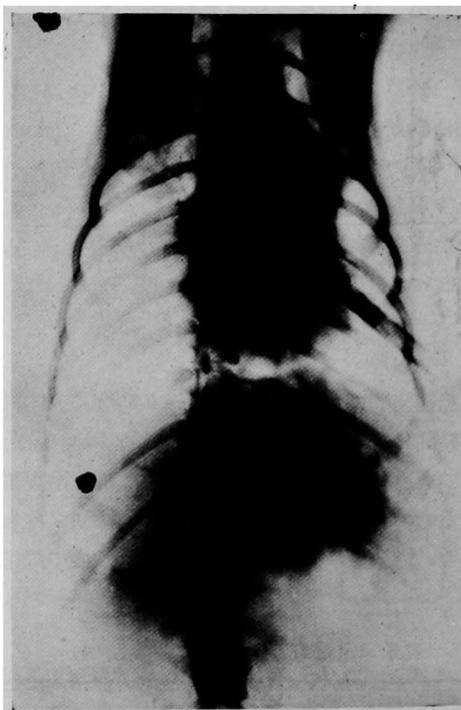


図18 非加圧による肺の退縮



ている。しかるに非加圧群においては空気もれの停止時にはなお必ずしも膨張は完全ではなく, 可良程度のものが最も多く, 不良例も2例ある。しかし之は術後7日目にはなお少し膨張状態恢復の傾向があり空気もれ停止時に較べて良好例が多くはなつているがそれでも加圧群には及ばない。

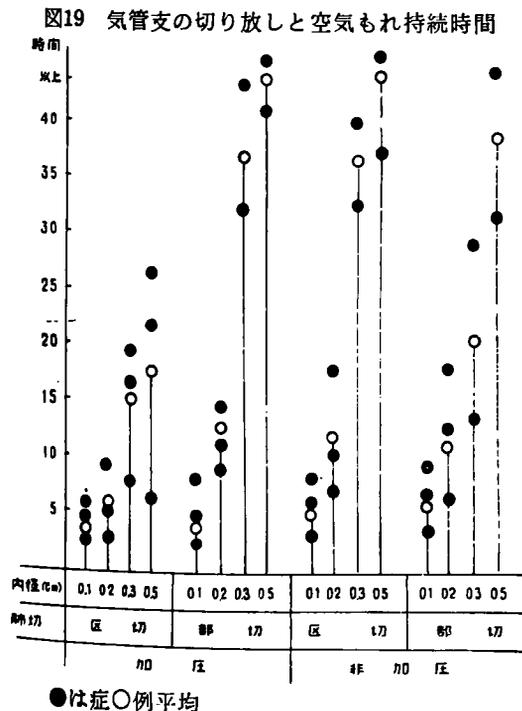
表5 加圧と膨張

膨張		空気もれ停止時	術後7日
加圧群	I (良好)	11	10
	II (可良)	2	3
	III (不良)	0	0
非加圧群	I (良好)	3	6
	II (可良)	8	6
	III (不良)	2	1

第3項 末梢気管枝の切り放しと空気もれ

空気もれは肺切除術後の肺切離面その他の肺損傷によつて生ずるものであるが、末梢気管枝が開存している場合にどの程度の太さのものまでが肺の再膨張に著明な障害をあたえるかをたしかめるために、末梢気管枝を切り放し残存せしめて空気もれの状態を観測した。そしてさらに加圧を15 cm 水柱圧で加えて空気もれの変化を観察した。区域切除及び部分切除を行つてそのほぼ中央部にある気管枝末梢を様々の太さのところ切り放し、その他の部分からの空気もれは可及的結紮し停止させさらに胸腔内に生理的食塩水を入れて20 cm 水柱圧で加圧し、切り放した気管枝末梢のほかにも大なる空気もれのないことをたしかめて閉胸し空気もれ持続時間を測定した。気管枝は内径1 mm より5 mm までの大きさのものをそれぞれ切断放置して実験した。

その結果は図19にみるごとく内径1 mm 前後のもの

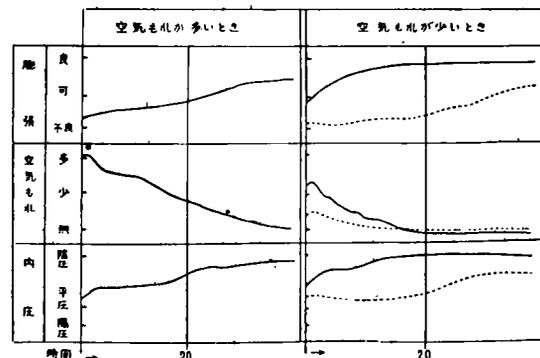


のは何れも5~6時間で容易に空気もれが止つているが、内径の増大するに伴い夫々空気もれの時間は延長している。とくに内径が3 mm をこえるものでは著明に延長している。区域切除術後切り放した場合内径3 mm のものでは38時間、5 mm のものでは40時間以上に及んでいるが、区切後加圧膨張を計つた例では空気もれ時間は著しく短縮しており、とくに内径5 mm に及ぶものでも最長は26時間、最短は7時間で停止している。之に反して部分切除後加圧例では非加圧例と大差なく或はむしろ延長の傾向さえみられる。

第4項 胸腔内圧と空気もれと再膨張

肺を膨張させる力の中で最も大きいものは気道の内圧と胸腔内圧との差であるが、肺切除術後の胸腔内圧はドレインからの吸引、気道からの加圧、空気もれ、呼吸の状態などによつて変つてくる。今空気もれと胸腔内圧及び再膨張との相互関係をしらべるため、私は胸腔内挿入ドレインに水柱圧力計を接続し、同時に空気もれと膨張の状態を経過を追つて観察した。空気もれの多少により、また気道から陽圧加圧を加えた場合では非常に異つた経過をたどるため、加圧例と非加圧例とに分け、さらに夫々について空気もれの多い場合と少ない場合に分けた。加圧は15 cm 水柱圧を以て間歇加圧を行い加圧中の吸引は-5 cm 水柱圧以下にし、加圧終了後は再び-15 cm 水柱圧の吸引を行い、非加圧例は-15 cm 水柱圧の吸引のみを行つた。非加圧例においては、図20に示すごとく一般に空気もれが少いものほど早

図20 内圧と空気もれと膨張の経過 (非加圧)

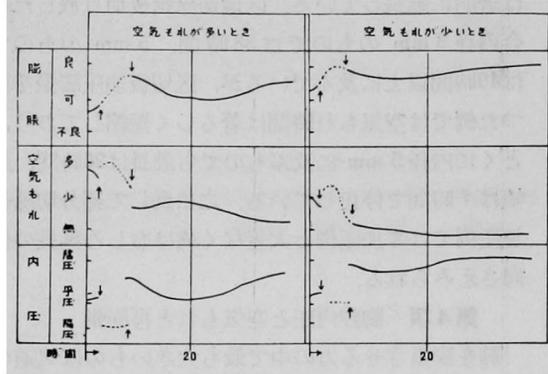


(註・点線は液貯溜多いとき)

期に内圧は陰圧の程度が強くなり、空気もれは早く減少して膨張は良好となる。之に反して空気もれの多い場合には内圧の陰圧の強まり方、膨張、空気もれの弱まり方などいずれも遅延している。この場合注意すべきことは空気もれが少くても胸腔内に液貯

溜の著るしいときには膨張が極めて不良となる。次に加圧例にあつては図21のごとく、空気もれの少い

図21 内圧と空気もれと膨張の経過 (加圧)



(註・点線は加圧中)

場合は非常に良好な経過をたどり、膨張は早期に良好となり、空気もれは最も早く停止し、胸腔内圧もほぼ生理的状态に保たれている。空気もれの多い場合にはやはり非加圧と同様に空気もれの少い場合に比較していずれもやや遅延し、加圧が充分良い効果を示しているといへない。

第5項 加圧の肺実質及び切離面に及ぼす影響

肺区域切除術後気道から加圧を加えた場合に肺実質及び切離面に及ぼす影響、また肺実質に損傷をあたえないでしかも十分に再膨張をはかるのに有効な加圧の程度を知るために次の如く実験を行つた。

即ち、肺区域切除術後加圧によつて胸腔内圧が陽圧にならないように必要な最小限の圧をもつて吸引し、加圧の程度を変えて間歇陽圧加圧を10分間ずつ4~5回加えた。そして術後48時間で再開胸し残存肺を注意深く切除して10%ホルマリンをもつて固定、肺切離面および加圧肺のパラフィン切片をつくり、ヘマトキシリンエオジン染色及びワンギーソン染色法を行つて組織学的変化をしらべた。

非加圧例では肺胞及び肺胞中隔にほとんど変化なく、含気量は中等、剥離面では出血中等、フィブリン析出をみるも層状は形成せず、気管枝内腔には少量の粘液をみる(図22)。10 cm 水柱加圧例では非加圧例に較べてやや含気量の増加をみとめるが、その他はほぼ類似の所見を示す。15 cm 水柱加圧例では之に対して肺胞壁はやや強く緊張し、含気量は対照及び10 cm 水柱加圧例に比してかなり多くなるが一部は滲出液に置きかえられている。しかし血管は大小ともにほとんど圧迫、狭窄等の所見はない。剥離面のフィブリン析出は少量で薄層を形成してい

図22 非加圧例

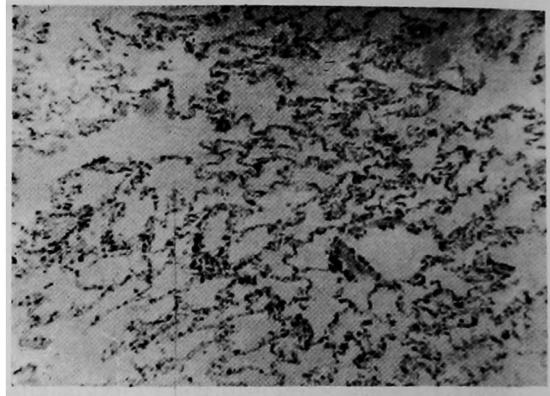
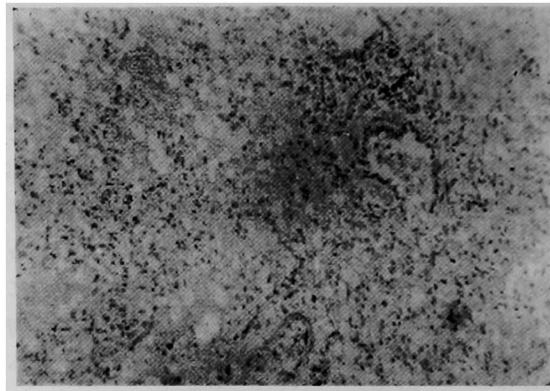
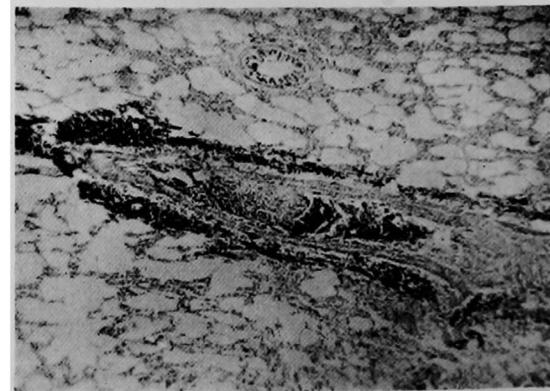


図23 15 cm 水柱加圧例



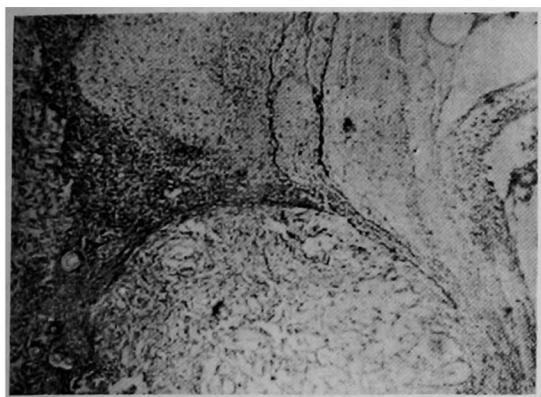
る(図23)。20 cm 水柱加圧例では一般に肺胞及び肺胞道の拡張がみられ所々で中隔の断裂を来しているがこの部にも出血、浮腫、滲出液等は見られない。末梢気管枝はやや拡張性であるが内腔に分泌液はみられない。しかしながら剥離面直下では浮腫が著明で所々無気肺の部分があり、よく検すれば肺野の大きな血管周囲に出血がみられる。かかる所見は20 cm 水柱以上の加圧例に多くみられており Vasa Vasorum からの出血ではないかと思われる(図24)。加圧25 cm 水柱圧の例では肺胞及び肺胞道の拡張が著明で肺胞中隔の断裂傾向は20 cm 水柱加圧例

図24 20 cm 水柱圧加圧例



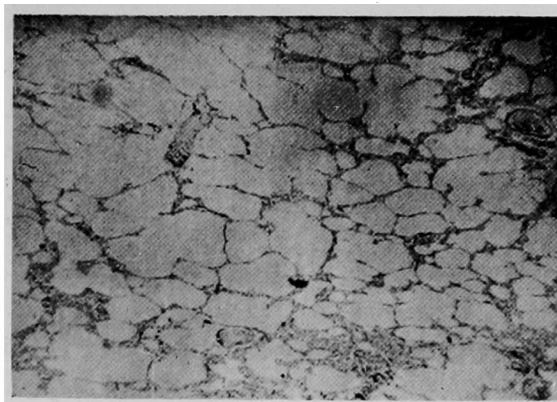
とあまり変わらないが肺実質は一般に血液含量に乏しく、浮腫滲出傾向は全くみられない。気管枝末梢は拡張性、剝離面直下では圧挫され出血せる組織中の肺泡までよく含気している。そのため出血は限局される傾向にあり器質化はかなり高度にすすんでいる(図25)。30 cm 水柱加圧例では肺泡は著しく拡張

図25 25 cm 水柱圧加圧例



し、中隔の断裂も所々にみられ肺気腫様の像を示している。気管枝末梢も拡張性であるが分泌液、浮腫等はみられない。肺泡毛細管は加圧のため血液含量は乏しくなっている(図26)。加圧 30 cm 水柱圧をこえる例もほぼ同様の所見が見られた。即ち肺泡、肺泡道及び末梢気管枝の拡張、および含気量はほぼ加圧の程度と並行するが、加圧効果は 10 cm 水柱圧よりみられ、加圧 25 cm 水柱以上では一部肺泡中隔の断裂像がみられ、加圧 30 cm 水柱以上では肺気腫様の像を呈しているが中隔の断裂は加圧の程

図26 30 cm 水柱圧加圧例



度が著しくなつても割合に僅微である。之に反し末梢血流は含気量と反比例的に減少し、25 cm 水柱圧以上の加圧例では組織の貧血傾向が増大してくる。また Vasa Vasorum からの出血と考えられる像が所々に現われており、これは 20 cm 水柱圧程度の比較的弱い加圧でもみられる。また加圧例では気道末梢内の分泌液、滲出液等の出現がほとんどみられない点特徴ある所見である。気管枝末梢では、加圧例ではいずれもやや拡張を示しているが、これは末端における閉塞が充分であることを示している。しかるに空気もれの持続している例では拡張を示すことなく気道内に血液を吸引せるを認めた。肺野の浮腫は加圧例では比較的剝離面下に限局されており、非加圧例に比して程度が軽い。剝離面も時間の経過とともに組織化せられてくるが、加圧例では剝離直下までよく含気せられている(表6)。

表 6 加圧による組織学的変化

犬 No.	加圧 cmH ₂ O	含気量	肺泡及 中隔	切離面	切離層下	血管 周囲 出血	血流 及 管	組織の 貧血傾 向	血液 吸入	末梢 気管枝
1. 2. 3	0	やゝ少い	所々 離形 成	凝血附着 所々無気肺	所々無気肺 較度浮腫	-	充血中等	-	-	異常なし
4. 5. 6	10	やゝ少い	著変なし	同上	所々無気肺 較度浮腫	-	充血中等	-	-	異常なし
8. 9. 10	15	中 等	拡大緊張	やゝうすい 凝血層薄膜状	較度浮腫	-	充血中等	-	-	異常なし
11.12.13	20	多 い	拡大緊張	同上	較度浮腫	+	血流減少	±	-	やゝ拡張
14.15.16	25	多 い	拡大 所々断裂	同上	直下まで よく含気	+	血流減少	+	-	やゝ拡張
17. 18	30	肺気腫様	拡大 所々断裂	同上	直下まで よく含気	++	減少圧挫 傾向	++	-	やゝ拡張
24. 25	40	肺気腫様	拡大 所々断裂	同上	較度浮腫	+	減少圧挫 傾向	++	+	やゝ拡張

第4章 総括並に考按

従来肺区域切除術後の排液については多くの業績が報告されているが、空気もれについてはあまりく

わしくは検討されていない。まして肺切除術後早期に再膨張促進を目的として加圧を行う場合の空気もれの様相の変化についてはほとんど文献をみないところである。私はまず空気もれの基礎的事項につい

てモデル実験を行つて検討するとともに吸引及び加圧を行つた際の空気もれの状態を動物肺について検討した。空気もれは物理学的には孔の大きさと内外圧差に関係するが、孔の大きさには弾性の程度や孔の部分に働く応力等が関係し、さらに一定容器を充す場合には様々の力が加わり空気もれは著しく変化する。なおこれに膨張の状態を合せ考えるならば一定のふくらみを保ちうる圧はほぼ一定の範囲内にあり、これに不足すれば充分の膨張がえられず、この圧をこえるときは弾力の限界をこえて著しく膨張変形を来す。そして空気もれが一定限度をこえると完全な膨張はえられなくなる。空気もれは加圧の強さの変化によつて著明に増減するが、孔の部分に求心性の張力が働く場合孔の大きさが 0.3 cm をこえざる範囲ではほとんど孔のない場合と変わらず、容易に目的の膨張をうることができる。しかしながら一定の加圧を行つても空気もれの有無、多少によつてその効果は必ずしも一様ではない。また一定圧以上の加圧を加えるときは一般に著しい空気もれの増加を来すが、孔の位置によつては孔が周囲から受ける影響によつて空気もれが変化する。また加圧した場合と吸引による陰圧のみが加わつた場合とを比較してみると加圧を行つた場合の方が膨張はより確実でより直接的である。しかし弾性の限度をこえた不適当な加圧によつて被加圧体の損傷を来し空気もれの著しい増加を招来する恐れがある。これらの点を考慮しながら最も合目的に加圧を行える方法を確かめるためには如何にすべきであろうか。私の実験成績によれば、区域切除術を加えた例に 15 cm 乃至 20 cm 水柱圧の加圧をもつて早期に膨張を計つた場合において空気もれ時間の短縮をみたが、切り放し部分切除例では加圧例においても空気もれ時間の延長を認めた。これは空気もれの少い区域切除例では加圧により膨張が完全となり且切離面が周囲から圧迫或は被覆されて容易に空気もれが停止するのに反して、部分切除切り放し例では空気もれが多いため膨張は不完全で加圧によつても常に空気が流通し、切離面が圧迫或いは被覆される機会も少く、加圧の程度が著しくなればむしろ拡大される点から空気もれの持続時間は延長してくるものと考えられる。第 2 節、第 2 項のモデル実験はこれを裏書きするものの 1 つといえよう。なお術後再膨張は一般に加圧例において良好であり、非加圧例より早期にその目的を達した。空気もれの点よりみて正しく区域切除が行われた例では、15 cm 水柱前後の圧によ

る加圧によつては著明な空気もれの増加は来さず、空気もれ持続時間は短縮し良好な効果を期待できる。これに反し、切離面が広く腔に直面し且空気もれが多い例では加圧は効果不確実である。次にやや大なる末梢気管枝の切り放し例において内径 3 mm をこえるものでは空気もれ持続時間は著しく延長するが、区域切除を行い根部で切り放した気管枝は周囲肺を加圧膨張せしめることにより案外容易に閉鎖しうるのであるが、しかしながら切り放した気管枝が腔に直接面して開き、遺残肺が収縮せるままに放置したものでは非常に閉鎖しにくい。以上の点より気管枝瘻の形成にはかかる形態的諸問題並に気管枝の病的変化などが関係しているのであろうと考えられる。また胸腔内圧についてみると、空気もれのある間は加圧により内圧の変動に影響を及ぼし膨張にも影響する。陽陰圧が肺実質に及ぼす影響について、Walz 等²⁷⁾ は開胸及び閉胸時における間歇的陽陰圧呼吸の肺組織に及ぼす影響についてしらべ、閉胸では +40 cm 水柱圧による陽圧にまでたえうのに反し、開胸では反覆性の過膨張、露出或は外傷による変化を認め且高陰圧では開胸時よりも閉胸時において強い変化をみとめ、しかも最良の換気をもたらすための気管内圧で肺組織に僅微な損傷しかあたえない圧は +15 cm 乃至 +20 cm 水柱圧より -5 cm 水柱圧であるとのべており、二村²⁴⁾ も同様の実験を行い、この意見に賛成し +20 cm 水柱内外の加圧を反覆しても何らいうべき病理組織学的変化を起すことはないとしている。さらに Eppinger, Sudsuki²⁸⁾ は肺胞中隔の弾力線維には、肺胞径にして約 3 倍大の拡張までは切れないほどの伸展性があり、肺胞中隔の肥厚の起らない術後 3 週間以前では膨張の程度も軽度でとくに強い衝撃の加わらない限り断裂しがたいとしている。しかし私の実験例では加圧によると思われる肺胞中隔の断裂像は全くなしとはいえず、とくに切除肺葉においては術後の浮腫などによる弾力性の減弱等が考慮せられ、一定圧以上の加圧に対しては必ずしも安全とはいえない。しかし 30 cm 水柱以上の加圧例にあつても中隔の断裂は案外僅微であり、むしろ管周にみられる出血が著明である点から中隔の弾力性は相当よく保たれていると考えてよからう。私は以上の実験成績から肺区域切除術後早期に反覆加圧を加える場合には +15 cm 水柱圧前後が比較的安んじて且膨張の効果も期待しうるのであると考える。

第5章 結 論

1. 肺切除術後の空気もれについて検討するため模型を考案し、物理的に弾性囊の孔からの空気もれおよび膨張の状態について実験を行い、空気もれは孔の大きさおよび弾性囊の内外圧差に最も強く影響されるが、孔の部分に働く張力、圧力および容器と囊壁との相互関係、さらに囊の膨張の状態にも影響されることを明らかにした。

2. 動物実験による肺区域切除術後の空気もれは、術後吸引のみを行つたものよりも間歇的陽圧加圧を加えたものの方が早く停止するものが多く、膨張も非加圧例に比して早期に良好な状態に達した。

3. 気管枝の切り放しを行つた場合には、内径が3mmをこえる例では空気もれ持続時間は著るしく延長する。また肺膨張により被覆されやすい位置に

ある気管枝では、内径5mmに及ぶ場合でも肺を膨張状態に保持せしめることにより容易に閉塞する。これに反して肺を収縮したままに放置するときは閉鎖しにくい。

4. 加圧および空気もれは胸腔内圧にも影響をおよぼし、空気もれの多い例においては胸腔内圧は平圧に近ずき圧差も少く、肺の再膨張も遅延する。

5. 区域切除術後の肺実質および切離面に損傷をあたえることなく且膨張に対して有効なる加圧の程度は15cm水柱圧である。

参 考 文 献

- 1) R. H. Overholt et al. : J. thoracic Surg. 15, 384, (1946).
- 2) Elmer J. Shabart et al : Disease of Chest, 23, 310, (1953).
- 3) John Dark et al. : Lancet, 2, 64. (1953).
- 4) 都築 : 胸部外科, 2, 4, 219, (1949).
- 5) 吉村 : 胸部外科, 5, 2, 135, (1952).
- 6) 宮本 : 手術, 6, 11, 660, (1952).
- 7) Von L. D. Eerland : thorax Chirurgie, 1, 291, (1955).
- 8) Leif Efskind et al. : Acta chirurg. Scandinav, 107, 392, (1954).
- 9) 鈴木 : 胸部外科, 7, 11, 764, (1954).
- 10) 高橋 : 結核研究の進歩, 5, 195, (1954).
- 11) 片山 : 胸部外科, 7, 11, 795, (1954).
- 12) 河合 : 胸部外科, 5, 3, 203, (1952).
- 13) 塩沢 : 結核, 28, 496, (1953).
- 14) 北本 : 日胸外会誌, 3, 3, 230, (1955).
- 15) 江草 : 日胸外会誌, 3, 3, 228, (1955).
- 16) 加納 : 日胸外会誌, 3, 3, 232, (1955).
- 17) 内藤 : 胸部外科, 9, 6, 639, (1956).
- 18) 畑中 : 日胸外会誌, 3, 3, 239, (1955).
- 19) 岩間 : 日胸外科誌, 3, 3, 243, (1955).
- 20) 牧野 : 胸部外科, 8, 8, 13, (1955).
- 21) 武田 : 日胸外科会誌, 3, 3, 238, (1955).
- 22) 伊藤 : 日胸外会誌, 4, 9, 840, (1956).
- 23) 林田 : 胸部外科, 10, 1, 10, (1957).
- 24) 二村 : 胸部外科, 10, 3, 161, (1957).
- 25) 香積 : 胸部外科, 8, 7, 640, (1955).
- 26) 柿崎 : 日胸外会誌, 4, 3, 223, (1956).
- 27) Robert. C. Walz et al. : Surg. Gyn. Obst 99, 5, (1954).
- 28) Möllendorf : Handbuch d. mikroskop. anat. d. mensch, V/3, (1936).

Studies on the Re-expansion of the Lung by the Positive Insufflation
Method after the Segmental Pneumectomy

Part 1 Experiment by Model and Animals

By

Tetsuo Kusaka

1st Dept. of Surgery Okayama University Medical School.
(Director; Prof. D. Jinnai, M. D.)

1. A model experiment was performed just as in the case of a real wound occurred in the lung. The air leak changed according the diameter of the opening, the difference of the pressure and the expansion of the the bag.
 2. Three bottle catheter suction drainage consisting of a trap bottle, water seal and valve bottle in series was used as Theaspiration apparatus. By animal experiment, the air leak mostly continues 7 hours to 12 hours after the operation.
 3. The appropriate pressure of the intermittent insufflation for the re-expansion is +15cm H₂O. This insufflation does not injure the surface of the wound and the parenchyma of the lung.
 4. By the intermittent insufflation after the segmental pneumectomy, the air leak continues for about 6 hours, and it shows better re-expansion more earlier than the non-insufflation.
 5. Testing the air leak by cutting the bronchus in different thickness, the air leak stops around 6 hours with the 0.1 cm diameter one but takes more than 30 hours with 0.3 cm one.
 6. The air leak and the insufflation have important influence upon the intrathoracic pressure, and by the massive air leak the re-expansion of the lung is much slower.
-