



Title	画像診断のための剖検肺による伸展固定肺作成法の改良
Author(s)	小林, 琢哉; 佐藤, 功; 児島, 完治 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1993, 53(11), p. 1301-1312
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/19422
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

画像診断のための剖検肺による伸展固定肺作成法の改良

- 1) 香川医科大学放射線医学教室
2) 同放射線部

小林 琢哉¹⁾ 佐藤 功²⁾ 児島 完治¹⁾
大川 元臣¹⁾ 田邊 正忠^{1),2)}

(平成5年7月15日受付特別掲載)
(平成5年8月26日最終原稿受付)

An Improved Method of Preparation of Autopsied Human Inflated-fixed Whole Lungs for Radiologic-pathologic Correlation

Takuya Kobayashi¹⁾, Katashi Satoh²⁾, Kanji Kojima¹⁾,
Motoomi Ohkawa¹⁾ and Masatada Tanabe^{1),2)}

- 1) Department of Radiology, Kagawa Medical School
2) Department of Clinical Radiology, Kagawa Medical School

Research Code No. : 506

Key words : Inflated-fixed lung, Bronchial tree,
Lung anatomy, Pathology

Inflated-fixed lung specimens, prepared using polyethyleneglycol 400, the standard Heitzman method have the disadvantage of bad staining. The authors attempted to improve this shortcoming using human autopsied lungs and evaluated both microscopical findings and the degree of specimen inflation. Fifty-five human autopsied whole lungs were examined. Forty-six lungs with cannulation through the main bronchus were distended with 20% formalin, after clamping the cannula for 15 minutes to six days, formalin in lungs was expelled by air at 10 cm H₂O pressure, then fixed with fixative-fluid containing polyethyleneglycol 400, 95% ethylalcohol, 40% formalin and water mixed in a ratio of 10 : 5 : 2 : 3. In 9 lungs without cannulation, formalin was expelled manually. The degree of distension of 46 of the 55 cannulated specimens was satisfactory (score A : 42 specimens, score B : 4 specimens). In 9 specimens without cannulation, inflation was poor (Score C). Good or excellent staining was obtained in 29 specimens (Score A : 10 specimens, Score B : 19 specimens), but 3 specimens were not be improved (Score C). Both inflation and staining were good in 21 specimens. This new method, requiring cannulation in the main bronchus, inflated-fixation with 20% formalin and expulsion of formalin by air prior to the standard Heitzman method enables both high quality staining and radiographs of the inflated-fixed lung specimen.

1. はじめに

呼吸器疾患の診断における画像所見と病理所見を対比する基礎的解析法のひとつに、Heitzmanの成書に記載されている伸展固定肺の利用があ

る¹⁾ (以下この方法を Heitzman 法とする)。しかしながら本法の最大の欠点は、伸展固定肺を作成し検討後に行う病理組織標本の光顕像に劣悪さを生ずることであった。すなわち、細胞が脱水状

態で固定されるため、細胞胞体の萎縮や、核濃縮が生じ、病理組織診断に支障をきたした。佐藤らは、その欠点の改良のため動物肺や肺癌症例の葉切除肺などの小型材料において、従来の Heitzman 法を行う前に、ホルマリン固定を施行することにより、病理組織標本の光顕像が改善されることを報告している^{2),3),4)}。しかし一側肺全体のような大型材料にこの改良法を用いた場合は、ホルマリンから Heitzman 液に入れ替えたときの肺標本の伸展状態の均一性は不十分であり、さらに検討の必要性があった。私どもは成人の一側剖検肺を用いて、従来の Heitzman 法と同様の良好

な伸展固定肺と組織標本の光顕像の両者を得るべく、伸展固定肺作成法の改良を検討したので報告する。

2. 対象ならびに方法

(1) 対象

剖検により得られた 31 例、55 片側肺を用いた。内訳は行政解剖が 52 片側肺であり、病理解剖が 3 片側肺であった。

(2) 伸展固定肺の作成方法 (Table 1)

(A) カニューレを主気管支に留置した群については以下の手順に従った。

Table 1 Procedures for preparation of inflated-fixed lung specimens and their evaluation in 55 cases

Case No	Formalin fixation time	Procedure of formalin expulsion	Inflation score	Score of microscopical findings of specimens		
				bronchial epithelium	smooth muscles of vessels	
1	R▲ L	1 d —	● —	C —	A —	A —
2	R L▲	— 4 d	— ●	— C	— A	— A
3	R L▲	— 2 d	— ●	— C	— B	— B
4	R△ L△	1 hr 1 hr	● ●	C C	※ ※	※ ※
5	R▲ L△	2 hr 2 hr	● ●	C C	B B	B B
6	R▲ L△	4 hr 4 hr	● ●	C C	B B	B B
7	R△ L△	15 min 30 min	○ ○	B B	※ ※	※ ※
8	R△ L	30 min —	○ —	A —	A —	A —
9	R△ L△	15 min 15 min	○ ○	A A	※ B	※ B
10	R△ L△	30 min 30 min	○ ○	B B	※ ※	※ ※
11	R△ L△	15 min 15 min	◎ ◎	A A	A A	A A
12	R△ L△	30 min 30 min	◎ ◎	A A	※ ※	※ ※
13	R△ L△	15 min 15 min	◎ ◎	A A	B B	B B

14	R△ L△	1 hr 1 hr	◎ ◎	A A	B B	B B
15	R L△	— 1 hr	— ◎	— A	— C	— C
16	R△ L△	15 min 1 hr	◎ ◎	A A	B B	B B
17	R△ L△	30 min 30 min	◎ ◎	A A	B B	B B
18	R△ L△	30 min 30 min	◎ ◎	A A	※ ※	※ ※
19	R△ L△	1 hr 2 hr	◎ ◎	A A	※ ※	※ ※
20	R△ L△	1 hr 1 hr	◎ ◎	A A	A B	A B
21	R△ L△	6 d 6 d	◎ ◎	A A	B B	B B
22	R△ L△	2 hs 2 hr	◎ ◎	A A	※ ※	※ ※
23	R△ L△	4 hr 4 hr	◎ ◎	A A	C C	C C
24	R△ L	2 d —	◎ —	A —	A —	A —
25	R△ L△	4 hr 4 hr	◎ ◎	A A	B B	B B
26	R△ L△	2 d 4 d	◎ ◎	A A	A A	A A
27	R△ L△	4 hr 2 hr	◎ ◎	A A	※ ※	※ ※
28	R△ L△	4 d 2 d	◎ ◎	A A	※ ※	※ ※
29	R△ L△	2 d 4 d	◎ ◎	A A	※ ※	※ ※
30	R△ L△	4 d 2 d	◎ ◎	A A	※ ※	※ ※
31	R△ L	2 hr —	◎ —	A —	A —	A —

1. Procedures for preparation of inflated-fixed lung specimens △ : cannulated through the main bronchus ▲ : not cannulated ◎ : expelled formalin by air at 10 cm H₂O pressure keeping the hilum alternately on the downside or upside. ○ : formalin expelled by air at 10 cm H₂O pressure maintained by suspension from a string attached to the bronchial cannula. ● : formalin expelled manually.

2. Evaluation for inflation A : good B : somewhat poor C : poor

3. Evaluation for microscopic findings

A : excellent B : good (improved compared with the Heitzman method) C : poor (not improved compared with Heitzman method)

※ : could not be evaluated — : not examined

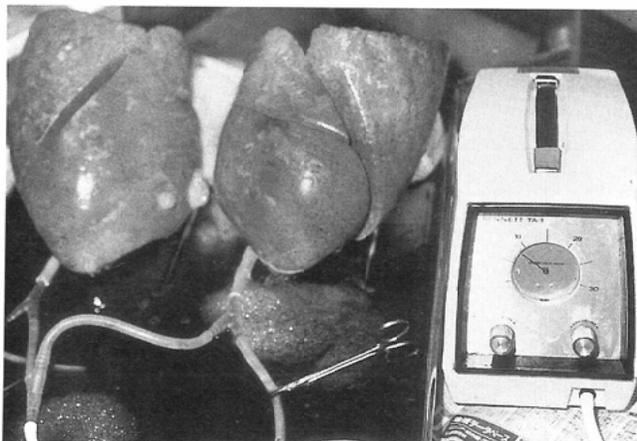


Fig. 1 Formalin is expelled by air at 10 cm H₂O pressure keeping the hilum alternately on the upside or downside.

- ① 50片側肺は摘出後直ちに主気管支にカニューレを留置した。続いてカニューレを通じて20%ホルマリンを注射器を用い手的に注入し、肺葉を伸展した後カニューレを閉鎖した。さらに標本全体をホルマリンに浸漬し、15分、30分、1時間、2時間、4時間、2日、4日、6日放置した。
- ② ホルマリンによる伸展固定後、以下の(a)~(c)の3種類の方法にて肺内のホルマリンを除去した。
 - (a) 39片側肺については、Fig. 1のように下葉をやや高く保った状態で、数時間ごとに肺門を下あるいは上に交互に位置変換しながらコンプレッサー（ベネット TA-1）を用いカニューレより約10 cmH₂Oの圧にて30分から1時間送気し、肺内のホルマリンを圧出した。
 - (b) 7片側肺は肺門より吊り下げ加圧送気を行った。
 - (c) 4片側肺については、ホルマリン除去は手行的に行った。
- ③ 上記操作の後、Heitzmanの成書¹⁾に記載されているポリエチレングリコール400、95%エチルアルコール、40%ホルマリン、水を10:5:2:3に混合した固定液（以下Heitzman液と記述する）により伸展固定を施行し

た。

(B)カニューレを主気管支に留置しなかった群については以下の手順に従った。

- ① 5片側肺については主気管支にカニューレを留置せず、ホルマリンを主気管支より直接注入し、ホルマリン除去はすべて手行的に行った。
- ② 上記操作の後、従来のHeitzman法を施行した。

(3) 伸展状態の評価法

前述の方法で得られた伸展固定肺標本を、肺門部を中心とした幅1 cmの正面断層断にスライスし、14 kVp、5 mA、2分の条件で軟X線撮影を施行した（装置はSOFRON Type SRO-M50を、フィルムはFuji FRを使用）。伸展固定の状態の評価は下記の基準に従い3段階のscoreとして表した。

score A：従来のHeitzman法と同程度に伸展良好で、軟X線像での肺内気管支血管構造の認識が容易なもの。

score B：肺葉の一部に伸展不良が見られるもの。

score C：肺葉全体に伸展不良が見られ、軟X線像での肺内血管気管支構造の認識が困難なもの。

(4) 光顕像の評価法

続いて正面断層断の1スライスを選択し左右ともB³bを含む3 cm四方のブロックを切り出し、

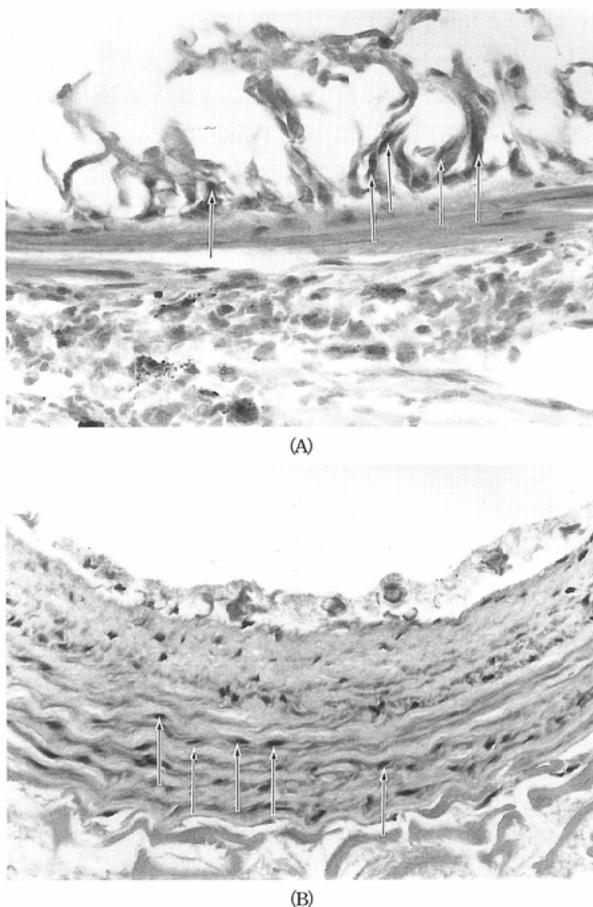


Fig. 2 Microscopic findings of the specimen obtained by the Heitzman method ($\times 400$). Severe deformity of bronchial epithelial cells (Fig. 2(A)) and smooth muscle cells (Fig. 2(B)) and lack of cytoplasm, pyknosis were showed (\uparrow).

これより 5 mm 厚の連続切片を作成し 13 kVp, 3 mA, 2 分の条件で軟 X 線撮影後, HE 染色による組織標本を作成した. 組織標本の固定の状態は, B³b の気管支上皮細胞ならびに血管平滑筋細胞を指標として評価した. 評価の基準は従来の Heitzman 法にて得られた標本の組織光顕像 (Fig. 2) と比較し, 下記の基準に従って 3 段階として表した.

score A: 従来の Heitzman 法によるものと比較して, 細胞の収縮性変化による正常構造の乱れや, 核の濃縮によるクロマチン顆粒や核小体といった核内構造の不明瞭さがなく, ホルマリン固定標本の光顕像に近いと考えられたもの.

score B: 従来の Heitzman 固定と比較して改善

は認められるが, 若干の細胞の収縮性変化や核濃縮などの変化が認められたもの.

score C: 従来の Heitzman 固定と比較して, ほとんど改善の見られなかったもの.

なお組織標本の光顕像においては score B 以上を改善とみなした.

3. 結 果

Table 1 に 55 片側肺各々の伸展固定肺作成法とその結果を示した.

(1) 伸展の状態に関する評価

主気管支にカニューレを留置しなかった 5 片側肺と, カニューレを留置したが, ホルマリンを手术的に排除した 4 片側肺はすべて score C であっ

た。下葉をやや高く保ち数分間ごとに肺門を下あるいは上に交互に位置変換し、カニューレからの加圧送気によりホルマリン除去を行った39片側肺は、すべて score A であったが、肺門より吊り下げて加圧送気を行った7片側肺中4片側肺に、胸膜面に沿った伸展不良が生じ score B となった。

(2) B^{3b} を含む組織標本の光顕像に関する評価

55片側肺のうち21片側肺は、死後変化によると思われる組織の自己融解が強く評価不能であったため除外した。評価可能であった34片側肺の組織切片のうち score A が9片側肺、score B が

22片側肺、score C が3片側肺であり、大部分の例で組織光顕像の改善が認められた。ホルマリン固定時間と組織標本の改善の程度については Table 1 の case No. 12, 20 を除いて15分以上のホルマリン固定時間にて従来の Heitzman 固定と比較して組織光顕像の改善が認められたが、その程度にはホルマリン固定時間との明瞭な相関が得られなかった。

全体としては組織標本の光顕像が score B 以上であった31片側肺のうち、伸展の状態が score A とされたものは21片側肺であった。

以下に代表的な例を提示する。

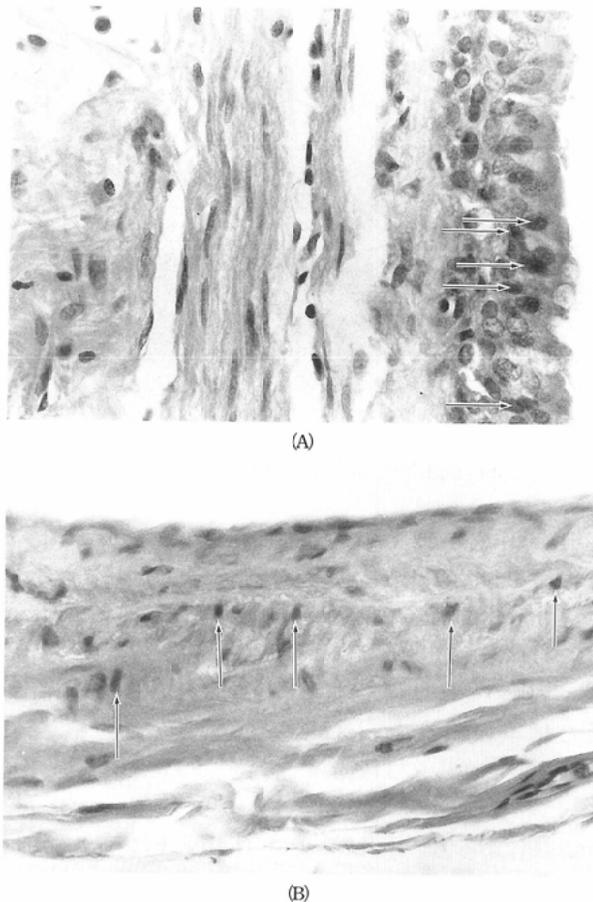


Fig. 3 (Case No. 5) The specimen was not cannulated through the main bronchus. Formalin fixation was performed for 2 hours, after which formalin was expelled manually. Inflation was poor (score C).

(A), (B) Microscopic findings of B^{3b} bronchial epithelium and smooth muscle of pulmonary vessels ($\times 400$). Deformity of cells and irregularity of normal structure were less severe compared with Heitzman method. But slight pyknosis and lack of clarity of intranuclear structure was found (\uparrow) (score B).

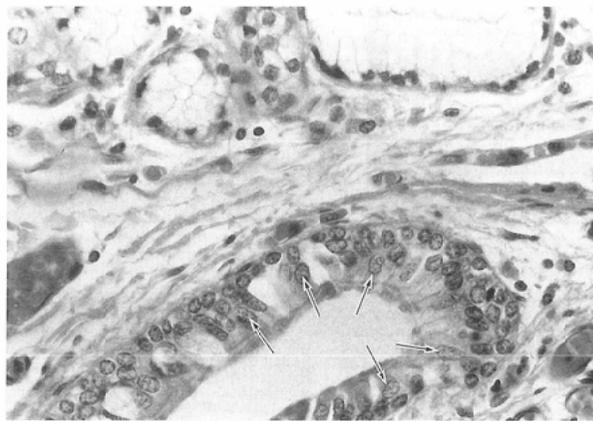
(1) 例5

ホルマリン固定2時間施行例。カニューレは留置せず、用手的圧迫のみでホルマリンを除去した。伸展不良が肺葉全体に見られ、軟X線像での血管気管支構造の把握も困難であり、score Cと評価した。B^{3b}を中心とした組織切片の光顕像を示した (Fig. 3)。従来の Heitzman 法と比較して気管支上皮細胞 (Fig. 3(A)) や血管平滑筋細胞 (Fig. 3(B)) の胞体は保たれ正常構造の乱れはほとんど見られず、光顕像の改善が認められるが、若干の核濃縮に伴う核内構造の不明瞭さがあり、score Bと評価した。

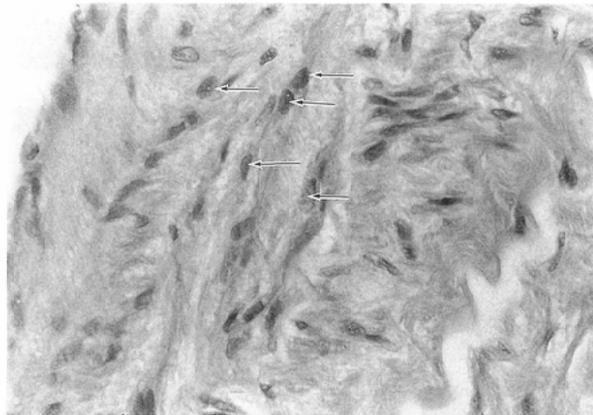
(2) 例11

ホルマリン固定15分施行例。カニューレを主気管支に留置し、下葉をやや高く保った状態で、肺門を数分間ごとに上下交互に位置変換しながら加圧送気によりホルマリン除去後、Heitzman法を施行した。伸展は良好で、軟X線像での肺内血管気管支構造も明瞭であり、score Aと評価した。組織標本の光顕像では、気管支上皮細胞 (Fig. 4(A)) や血管平滑筋細胞 (Fig. 4(B)) の胞体は保たれ、正常構造の乱れもなく核内構造も明瞭に認められ score Aと評価した。

(3) 例23



(A)



(B)

Fig. 4 (Case No. 11) The specimen was cannulated through the main bronchus. Formalin fixation was performed for 15 minutes, after which formalin was expelled by air, keeping the hilum alternately on the upside or downside. Inflation was good. Radiographs of the specimen showed bronchi and vessels clearly (score A).

(A),(B) Microscopic findings of the specimen were excellent and showed cytoplasm and intranuclear structure was clearly (↑) (score A) (×400).

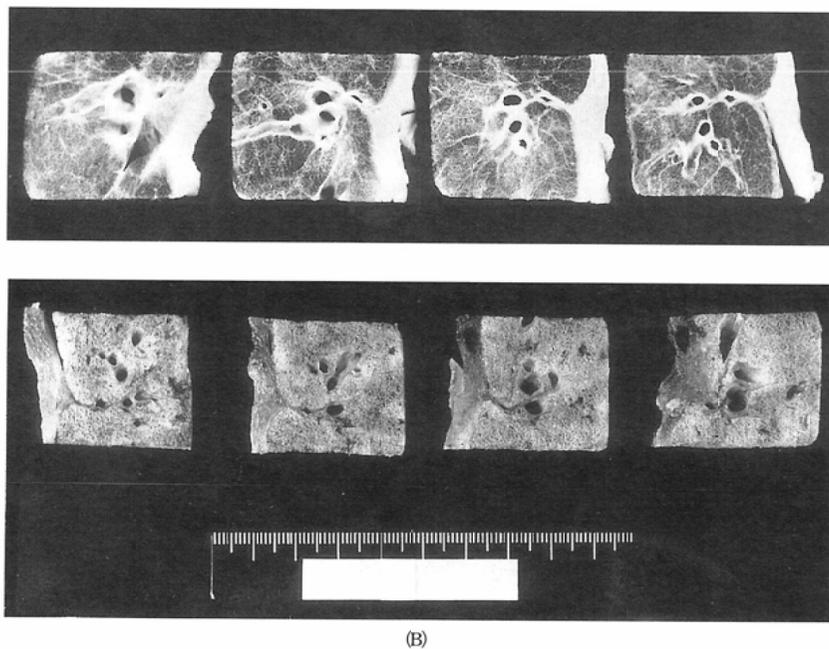
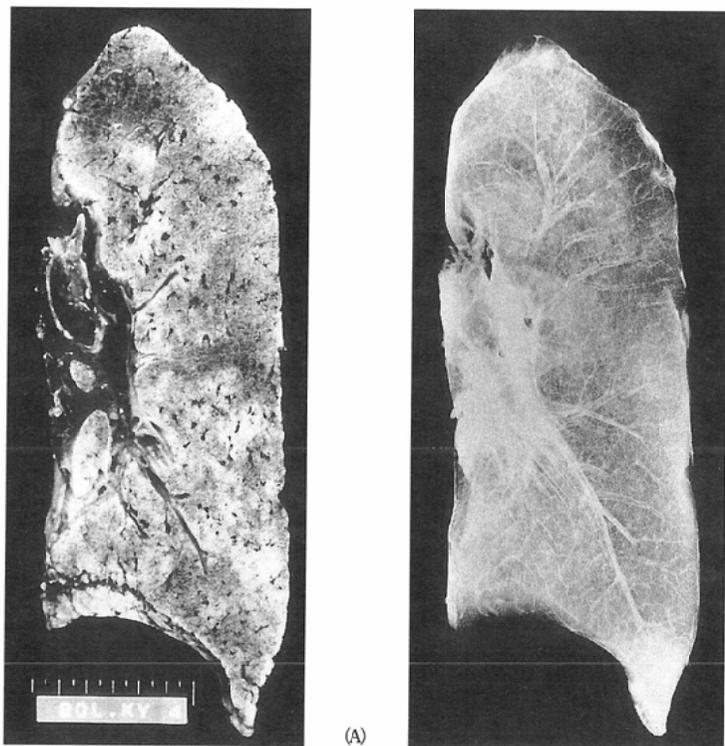
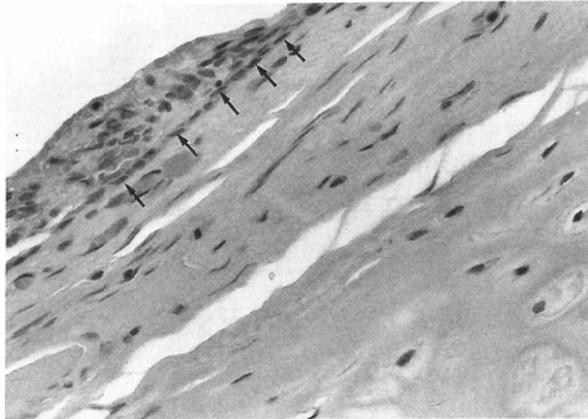
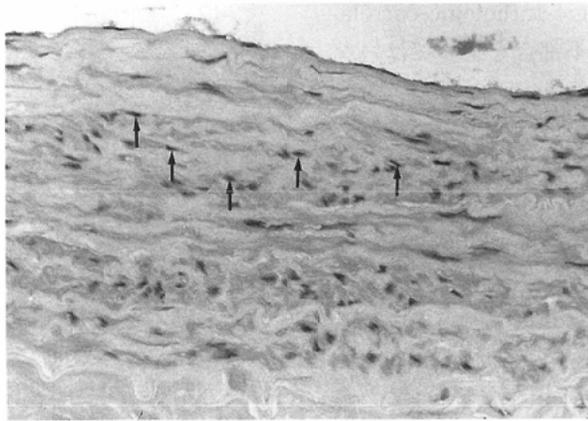


Fig. 5



(C)



(D)

Fig. 5 (Case No. 23) The specimen was cannulated through the main bronchus and formalin was expelled by the same method as showed in Fig. 4. Formalin fixation was for 4 hours.
 (A), (B) Inflation and radiograph of the specimen was good (score A).
 (C), (D) Microscopic findings of specimen were not satisfactory, and resemble those those obtained by the Heitzman method (score C) ($\times 400$).

ホルマリン固定4時間施行例。カニューレを主気管支に留置し、症例11と同様の方法で伸展固定肺作成を施行した。伸展は良好であり軟X線像も明瞭で (Fig. 5 (A), (B)) score Aと評価した。組織標本の光顕像では、気管支上皮細胞 (Fig. 5 (C)) や血管平滑筋細胞 (Fig. 5 (D)) の収縮性変化が強く見られ、score Cと評価した。

4. 考 察

伸展固定肺標本の作成法に関しては、以前より多くの研究がなされてきた。しかしながらこれらの方法は主として、肺の解剖構築の解析あるいは

肺気腫などの限られた疾患における病理学的解析のためのもので、しかも装置や手技が煩雑なため実用性に乏しいものであった⁵⁾⁻¹²⁾。摘出肺の伸展固定肺を用いた radiologic-pathologic correlationの方法論の基礎を確立したのが Heitzman であり、自らの著書の中で、従来の伸展固定肺の作成法を紹介し、ホルマリンやグリコールを用いた Sills の変法を用いている¹⁾。さらに伊藤らは Heitzman らの解析法を発展させ多彩な呼吸器疾患を対象とし、スライス肺の実体顕微鏡による詳細な観察により、肺小葉をはじめとする肺既存構造と疾患の関係を解析している^{13),14)}。

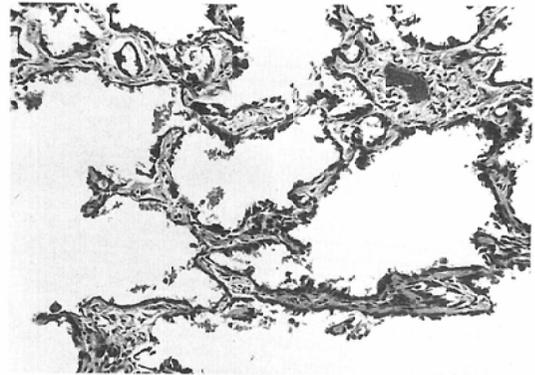
また近年高分解能CTの普及により、肺小葉レベルでの詳細な観察が可能となり、UIP, asbestosisなどのびまん性肺疾患や肺癌、転移性肺腫瘍、結核といった様々な病変を中心とした肺疾患の解析や、肺末梢構造の解析がHeitzman法により得られた伸展固定肺を用いて、数多くなされている^{15)~20)}。

しかしながら、本法の最大の欠点は、標本が脱水状態で固定されるため、細胞の収縮性変化が生じ、染色性の低下を認め、正常組織構築の乱れや個々の細胞の内部構造の不鮮明さを伴っていた²⁾³⁾。このような欠点は、実体顕微鏡あるいは低倍率の光顕像レベルでの radiologic-pathologic correlation においては必ずしも不都合を生じてはいなかった。

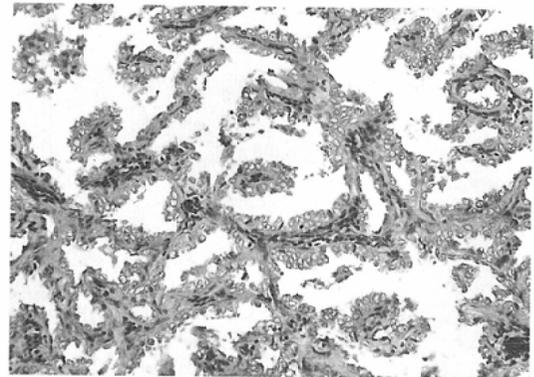
しかし、肺癌をはじめとする肺腫瘍において手術肺、剖検肺での病理組織学的検索は、良悪性の鑑別や腫瘍の進展範囲を知るうえで重要である。ところが従来のHeitzman法により得られた伸展固定肺標本は、これらの欠点のために、癌組織や癌細胞に認められる構造異型、細胞異型といった形態学的特徴が失われ^{2)~4)}、良悪性の鑑別や腫瘍の組織型などの病理診断上困難をきたすことが多く、症例や施設によっては本法が施行できない場合があった。

佐藤らは肺癌症例の葉切除標本を用い、Heitzman固定に先だってホルマリン固定を施行することにより、Fig. 6の如く組織光顕像の改善が見られることを報告したが⁴⁾、葉切除例という容積の小さい肺葉における検討であり、片側剖検肺に対してこの方法を用いると、伸展不良を生じ、この傾向はホルマリン固定時間が長くなるほど顕著であることを指摘している³⁾⁴⁾。その理由として、片側剖検肺のような大きな肺葉では、肺内のホルマリンを十分排除することが困難なため、Heitzman液との置換が不完全となり、伸展不良を生じたものと推定している。

私どもの初期の検討においても主気管支にカニューレを留置せず、ホルマリンを手動的圧迫により排除したため、明らかにこれが原因と考えられる肺葉全体の伸展不良が生じた。従って良好な伸



(A)



(B)

Fig. 6 A case of well differentiated adenocarcinoma of lung

(A) Inflated-fixed by the Heitzman method. Because of deformity of cancer cells, lack of clarity of cytoplasm and pyknosis, histopathologic diagnosis was difficult.

(B) Fixation using formalin for 4 days prior to the Heitzman method. Microscopic findings resemble those obtained with fixation by only formalin.

展固定肺を得るためには、カニューレを主気管支に留置することが必須と考え、以降の検討においては、全例に主気管支へのカニューレ留置を施行し、さらに検討を加えた。主気管支にカニューレを留置し、肺内のホルマリンを加圧送気により十分排除した例では、伸展は良好であった。また加圧送気の際に、従来のHeitzman法に従って、肺門から吊り下げた例では、胸膜面付近や肺底部に伸展不良を生ずるものがあったが、これは重力の影響によりこの部分のホルマリンが十分に排除できなかったためと考えられた。下葉をやや高く保つことにより容積の大きい下葉のホルマリンを

排出しやすくし、さらに肺門を数分間ごとに上下交互に位置変換することにより、重力の影響を除くことで、均等にホルマリン除去を試みた例での伸展は全例良好であった。この場合、ホルマリン固定時間が長くなっても、伸展が損なわれることはなかった。またホルマリンの濃度については通常私どもは、10%ホルマリンを日常診療で用いているが、本検討においては、大型材料を用い、短時間のホルマリン固定も試みたため組織浸透力のより強い20%ホルマリンを用いた。

組織標本の光顕像については、ほとんどの例で Heitzman 法よりも改善が見られたが、従来のホルマリン固定と全く同程度まで改善されたものは少なかった。第一の理由として本検討においては、使用した剖検肺は、主として行政解剖によって得られたものであり、手術肺と異なり死後変化による組織変性の程度が強くて出ている可能性があることが挙げられる。第二の理由として、標本の乾燥による影響が挙げられるが、伸展固定肺の本来の目的である良好な軟 X 線像を得るということを考えれば、標本の乾燥による組織への影響は多少あってもこれは不可避なものと考えられる。しかしながら組織光顕像が score B 以上であれば、病理組織診断においては、大きな支障をきたさないものと考えられた。ホルマリン固定時間に関しては、私どもの検討では、30分以上の固定時間にて組織光顕像の改善が認められたが、固定時間が長くなっても、組織光顕像はほぼ同じであったが、数時間の固定で十分であると思われた。本法により片側剖検肺において、様々な肺病変の臨床画像の解析に有用な軟 X 線像が得られるだけでなく、組織光顕像の改善が得られ、病理組織診断の向上に寄与することで、さらに伸展固定肺による radiologic-pathologic correlative study の適応が広まるものと考えられた。

5. 結 語

1. ヒト片側剖検肺 55 例を用いて伸展固定肺作成法の改良を検討した。
2. 従来の Heitzman 法に先だて、ホルマリン固定を施行することにより、葉切除肺のような

小肺葉と同様、組織光顕像の改善が認められた。ホルマリン固定時間は数時間程度で十分な改善が得られると考えられた。

3. 片側剖検肺のような容積の大きい標本の場合、良好な伸展を得るためには、肺内のホルマリンを十分除去するために主気管支よりカニューレを留置し、加圧送気によりホルマリン除去を行うことが必要であった。さらに加圧送気の際には容積の大きい下葉を高くし、重力の影響を排除することにより、均一なホルマリン除去を行うことが可能となり良好な伸展固定肺を得ることができた。

4. 本法により片側剖検肺において、良好な伸展固定肺が得られるだけでなく、病理組織標本の光顕像の改善も得られ、radiologic-pathologic correlation にさらに寄与するものと考えられた。

なお、稿を終えるにあたり、病理学的御助言御指導頂きました、本学第一病理学教室助教授、小林省二先生、本学病理部（現東京大学病理学教室）、佐藤 明先生、剖検肺を提供頂きました本学法医学教室教授、井尻巖先生ならびに神戸大学法医学教室、西村明儒先生に深く感謝いたします。

文 献

- 1) Markarian B, Dailey ET: Preparation of inflated lung specimens: The lung. Mosby St. Louise, 1973
- 2) 佐藤 功, 佐藤 明, 永原美治, 他: 伸展固定肺作成法の改良の検討, 呼吸, 11: 458-463, 1992
- 3) Satoh K, Kobayashi T, Kawase Y, et. al: Improved method of preparation of inflated fixed lung. J. Thovac. Imaging (in press)
- 4) 佐藤 功, 小林琢哉, 川瀬良郎, 他: 肺癌における改良伸展固定肺作成法の検討, 肺癌, 33: 871-877, 1993
- 5) Hartroft WS, Macklin CC: Intrabronchial fixation of the human lung for the purpose of alveolar measurement using 25 μ microsections made therefrom. Trans R Soc Can 37: 75-78, 1943
- 6) Gough J, Wentworth JE: The use of thin section of entire organs in method of anatomical studies. J R Micr Soc 69: 231-235, 1949
- 7) Heard BE, Esterly JR, Wootliff JS: A modified apparatus for fixing lungs to study the pathology of emphysema. Am Rev Respir Dis 95: 311-312, 1967
- 8) Cureton RJR, Trapnell DH: Post mortem radiog-

- raphy and gaseous fixation of the lung. *Thorax* 16: 138-143, 1961
- 9) Pratt PC, Klugh GA: A technique for the study of ventilatory capacity, compliance, and for fixation drying and serial sectioning in the inflated state. *Am Rev Respir Dis* 83: 690-695, 1961
 - 10) Weibel ER, Vidone RA: Fixation of the lung by formalin stream in a controlled state of air inflation. *Am Rev Respir Dis* 84: 856-861, 1961
 - 11) Silvertown RE: Gross fixation method used in the study of pulmonary emphysema. *Thorax* 20: 289-297, 1965
 - 12) Sills BA: A multidisciplinary method for study of lung structure and function. *Am Rev Respir Dis* 86: 238-245, 1962
 - 13) 伊藤春海, 村田喜代史, 藤堂義郎, 他 肺小葉から見た呼吸器疾患, 臨放, 28: 1029-1036, 1983
 - 14) Itoh H, Tokunaga S, Asamoto H, et. al: Radiologic-pathologic correlations of small lung nodules with special reference to peribronchiolar nodules. *AJR* 130: 223-231, 1978
 - 15) Nishimura K, Kitaichi M, Izumi T, et. al: Usual interstitial pneumonia; Histologic correlation with high-resolution CT. *Radiology* 182: 337-342, 1992
 - 16) Akira M, Yamamoto S, Yokoyama K, et al: Asbestosis; High-resolution CT-pathologic correlation. *Radiology* 176: 389-394, 1990
 - 17) 佐藤 功, 川瀬良郎, 田邊正忠, 他: 胸部画像診断: 伸展固定肺による病理所見との対比. 画像診断, 9: 1330-1339, 1989
 - 18) Murata K, Takahashi M, Mori M, et. al: Pulmonary metastatic nodules; CT-pathologic correlation. *Radiology* 182: 331-335, 1992
 - 19) Im JG, Itoh H, Shim YS, et. al: Pulmonary tuberculosis; CT Findings-Early active disease and sequential change with antituberculous therapy. *Radiology* 186: 653-660, 1993
 - 20) Laurent B, Patrice C, Cecile G, et. al: High-resolution CT of parenchymal lung disease; Precise correlation with histologic findings. *Radiographics* 12:45-48, 1992