



Title	Cinedensigraphyの臨床的応用に関する研究
Author(s)	酒井, 邦夫
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1969, 29(4), p. 416-443
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/20744
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

Cinedensigraphy の臨床的応用に関する研究

新潟大学医学部放射線医学教室（主任：北島隆教授）

酒 井 邦 夫

（昭和43年11月15日受付）

A Study on Clinical Application of Cinedensigraphy

By

Kunio Sakai

Department of Radiology, Niigata University School of Medicine, Niigata, Japan

(Director: Prof. Dr. Takashi Kitabatake)

It has been shown by Marchal (1946) that density variations of the lung during various phases of the cardiac cycle can be recorded by fluorodensimetry, which he called cinedensigraphy. This procedure provides a continuous recording of the changes in density caused by the pulsation of the blood stream in the lung area examined. The cinedensigraphical studies reported here were carried out with the modified device made by Koyanagi. The principles of this procedure are described below, in connection with an analysis of the curves obtained by its application to normal lungs, lung cancer and radiation fibrosis. In some cases, the data were correlated with scanning or angiography.

1) It is possible with this apparatus to record pulsation in the lung appropriately. On the experiments, utilizing a water phantom and acrylite plates, signal to noise ratio was more than 10.

2) The field examined was a circle of 2 cm. diameter. The sites selected for examination were upper, middle and lower lung fields, symmetrically on the two sides. Carefull attention must be paid to place the receptor well away from the main hilar regions to avoide recording pulsations of the main pulmonary arteries, heart and aorta. Symmetrical records of pulmonary pulsations were obtained in normal adults. The influence of variations in the thickness of the soft tissues of the chest wall appeared to be negligible.

3) In patients with a hilar mass due to bronchogenic carcinoma, absence or marked diminution of pulsations were recorded on the diseased side.

It was also shown that slight or moderate decrease of amplitude and plateau-formation of the curves were recorded in various degrees of radiation fibrosis following postoperative irradiation to breast cancer. The mechanisms responsible for these cinedensigraphical changes were discussed.

4) Good correlation between scanning and cinedensigraphy was observed. It is possible to compare on a qualitative basis pulsation records from corresponding areas of the two lungs.

5) With our modified device of cinedensigraphy, it has become possible to study physiological and pathophysiological dynamics of pulmonary circulation. This technique is very convenient and harmless to the patient.

目 次

I 緒 言

II 装 置

1. X線発生装置
2. 光電子増倍管
3. 総合監視記録装置
4. 固定帯, その他

III 実 験

1. 実験方法
2. 実験結果
3. 小 括

IV 臨床的应用

1. 正常例における記録
 - (1) 記録方法
 - (2) 検査対象
 - (3) 結 果
 - (i) 正常の Cinedensigram
 - (ii) Cinedensigram の波高値
2. 肺疾患における記録
 - (1) 原発性肺癌(肺門型)における Cinedensigram
 - (2) 放射線肺線維症における Cinedensigram
3. ^{131}I MAA による肺シンチグラムとの対比
 - (1) 方 法
 - (2) 結 果
 - (3) 小 括
4. 肺動脈造影所見との対比

V 考 按

1. X線学的肺機能検査法に関して
2. Cinedensigraphy の基礎的問題
3. Cinedensigraphy の臨床的应用

VI 結 語

I. 緒 言

X線で胸部を透視する場合, 蛍光板上の肺野の明るさは呼吸によつて変化するのが認められる。しかし肺野明るさの変化は呼吸だけでなく, 肺の血流動態によつても起こるはずである。ただ血流に由来する肺野明るさの変化はきわめて微細であるために, 肉眼的に蛍光板上で識別し得ないだけである。そこでこの現象を光電管で捕え, 数量的に観察記録することができれば, 心肺疾患のX線診断の上に機能的な面での情報を提供してくれるものと考えられる。このような肺の搏動性変化

の光電的記録は, M. Marchal (1946)⁴⁷⁾により Cinedensigraphy と命名されている。なおこれと同じような原理ではあるが, 心臓や大血管辺縁の動きを記録する方法は, Electrokymography²¹⁾ Fluorocardiography¹⁷⁾⁴⁵⁾⁴⁶⁾等の名称で呼ばれている。

わが国においても肺野明るさの呼吸性変化を光電的に捕え, 局所的な肺の換気状態を検索しようとする試みはなされている^{6)28)~29)55)79)}。しかしながら, 肺の血流による明るさの変化をとりあげた研究は小林等(1967)³⁴⁾の報告をみるのみである。

当教室においては1952年頃より, 蛍光輝度測定法による肺野明るさの搏動性変化の記録 (Cinedensigraphy)に関する研究に着手してきたが⁵⁷⁾⁵⁸⁾, 最近記録装置の改良試作により臨床的に応用して十分な成果を挙げることができたので報告する。

II. 装 置

1. X線発生装置

X線発生装置は東京芝浦電気製 KXO-8 型 X線装置 (全波整流方式) を用いた。X線管球は東芝製 Rotanode DRX-81 である。透視台は一般の透視撮影用に使用されている起立倒伏可能のものを使用した。

X線の条件は, 原則として 60kVp, 3mA とした。

2. 光電子増倍管

入射X線自身の変動による影響を除外するために, 被検体の前後に2個の光電子増倍管すなわち入射X線の強さを捕える管球側増倍管ならびに透過X線の強さを測定する蛍光板側増倍管をおき, 各増倍管からの出力を比較増巾する過程を導入した (Fig. 1)。それぞれの増倍管は厚さ 1.5mm の鉛製円筒容器の中に収納されており, その構造は Fig. 2, 3 に示すごとくである。管球側増倍管の受光面には, 先端部を斜めにカットしてその断面に蛍光紙を貼り, 周囲を黒いビニールテープで被覆して遮光した直径 1.5cm のアクリル製円柱が接続している。これを絞り機構のすぐ手前 (蛍光板側) に設置し, 蛍光紙の貼つてある斜面がX線管球側を向くように, かつ放射圏内に充分入るよう固定する。これは絞りを充分に絞った場合に

Fig. 1. Diagram of the apparatus. 1 and 2, photomultiplier tubes; 3, fastening belt; 4, x-ray tube

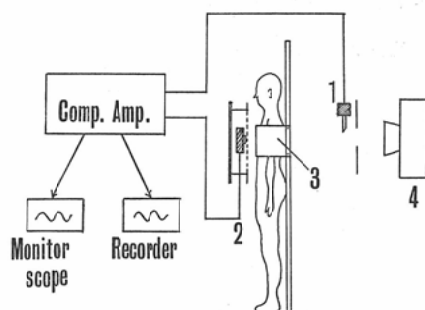


Fig. 2. Photomultiplier tube in lead-armoured light-tight box measuring X-rays leaving the thorax. 1, small fluorescent screen; 2, black paper; 3, photocathode of the photomultiplier.

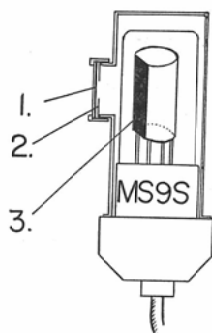
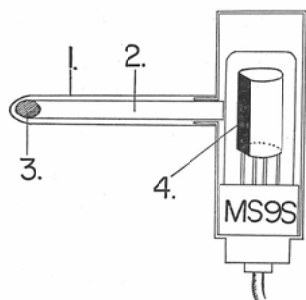


Fig. 3. Photomultiplier tube measuring x-rays entering into the thorax. 1, vinyl tape (black); 2, acrylite rod, 1.5 cm in diameter; 3, small fluorescent screen mounted on the obliquely-cut surface; 4, photocathode of the photomultiplier.



も、管球側増倍管を入れたプローブの大きな影が被検肺野内に入り込まないようにするために工夫したものである。なお当然のことながら、透視の際にはアクリル棒の先端部が充分放射圈内に入つ

ていることを確認する必要がある。蛍光板側増倍管を入れたプローブには、光電面の中央前方に径2.5cmの円窓を設け、ここに蛍光紙を装備した。蛍光紙の内側（光電面側）にさらに黒紙を装着させ、黒紙の中央をいろいろの大きさにくり抜くことにより、受光面の大きさ、形を変えることが可能である。ここでは、受光面は原則として直径2cmの円とした。このプローブは蛍光板の裏側（被検者の手前）にあり、任意の位置で固定しうようになっている。透視下で被検肺野の部位を選択し、該部に光電受光面の中心がくるようにプローブを固定する。

増倍管としては、マツダ MS-9S 改良型管球を使用した。それぞれの増倍管には-800Voltの定電圧が印加されており、各増倍管の出力を比較増巾器へと導いている。

3. 総合監視記録装置

記録装置はフクダ医療電機製の4素子総合監視記録装置 (MRR-150) に組み込んで使用した。本装置は、モニター用ブラウン管 (7インチ) で波形を観察しながら、随時熱ペン式直記計で記録できるようになっている (Fig. 4)。

4. 固定帯、その他

被検部位の静止を図る目的で、布製の固定帯を使用して胸部を軽く透視台に固定した (Fig. 1)。

Fig. 4. Multiplex research recorder in use.

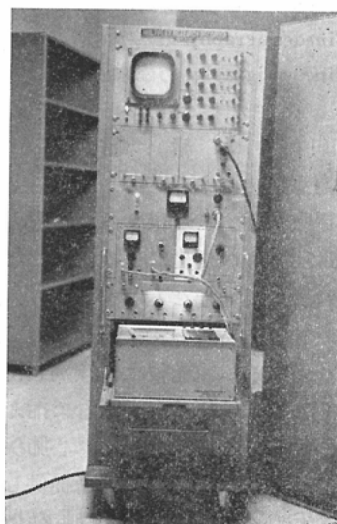
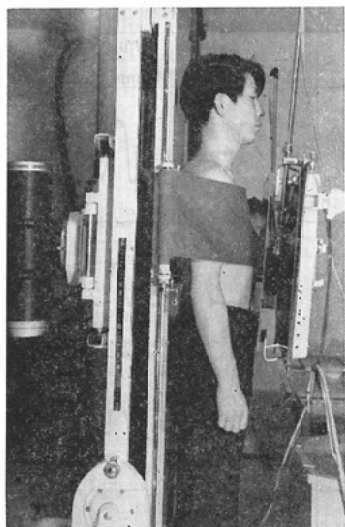


Fig. 5. Arrangement of patient, x-ray apparatus and photomultipliers in use.



また、蛍光板側プローブの被検者側に、うすいアクリル板を取付けた。これは、暗室での操作中に金属性のプローブが被検者の皮膚を損傷したりすることがないようにするとともに、管球焦点と増倍管受光面との距離を一定に保つための配慮である。透視下で、プローブの受光面をこのアクリル板に沿って移動させ、適当な位置においてプローブを支持している金属柄をネジで固定する。このプローブ支持用金属柄を固定するネジは、蛍光板の四隅に設置してあり、簡単にとりはずし可能である。被検部位に応じて適当な隅のネジを利用すれば良い。これらの装置の実態は、Fig. 4, 5に示すごとくである。

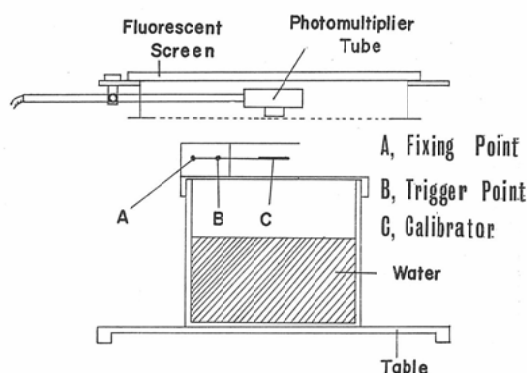
III. 実 験

Steiner 等 (1965)⁴⁰⁾によれば、正常例における肺の搏動性変化は、水の厚さに換算して1~2mmの変化に相当すると考えられている。このような微細な変化がどの程度適確にとらえられるかをみるために、次のような実験を行って検討した。

1. 実験方法

透視台を水平に倒し、その上にアクリル製の水槽(縦18cm, 横25cm, 高さ30cm)をのせる(Fig. 6). 水槽の蓋の中央には、較正のためのアクリル板(搏動性変化に対応するもの)が取り付けあ

Fig. 6. Diagram showing the principle of the tests.



る。Fig. 6のB点に長い紐をとりつけ、これを引くとアクリル板Cが被検野内に入り、離すとバネの力で元に戻るよう設計されている。較正用アクリル板は、縦4.5cm, 横5.0cmの大きさで、厚さは2mm, 4mm, 6mmの3種類を用いた。

X線の条件は一定(60kVp, 3mA)とし、また管球焦点と蛍光板側増倍管受光面との距離も一定(70cm)とした。

水槽の水の厚さをいろいろ変えて(8cm~12cm, 1cm間隔), アクリル板(厚さ2mm, 4mm, 6mm)の変動がどのように記録されるかをみた。増巾系の感度は、水フアントムの厚さ10cmのとき、厚さ2mmのアクリル板の変動が記録紙上5mmの振巾になる場合(Gain 1)と、10mmの振巾になる場合(Gain 2)の2つに調整した。

2. 実験結果

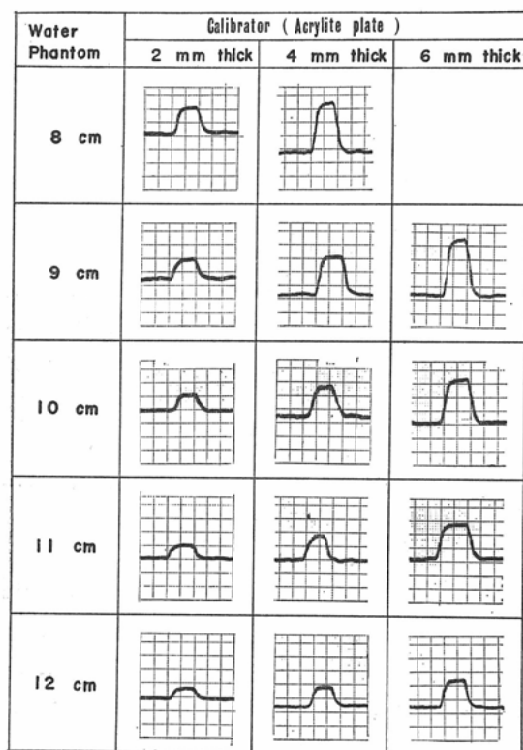
上記の方法によつて得られた実験結果を、Fig. 7に一括して示した。較正用アクリル板の厚さと曲線の振巾との関係は、Fig. 8に示すごとくである。

この実験から

(1) 増巾系の感度を Gain 1とした場合に比較し、Gain 2の場合の記録は雑音がやや多い。しかし Gain 2の場合でも、信号対雑音比10:1以上で充分記録されている。

(2) 同じ厚さの較正変動を入れても、水フアントムの厚さが増すにつれて曲線の振巾は小さくなる。

Fig. 7. Experimental cinedensigrams elicited by various thickness of calibrator in variously absorbed x-rays passed through water-phantoms. X-rays; 60kVp, 3mA. (A), gain 1: density change of 2mm-thick acrylite plate in 10 cm thick water-phantom is represented as 5mm deflection.



(3) 校正用アクリル板の厚さと曲線の振巾との関係を見ると、水ファントムの厚さが一定ならばほぼ直線関係にあるとみなすことができる。Gain 1 の場合、特に明白な直線関係が認められる。

3. 小括

X線減弱の法則 $I = I_0 e^{-\mu x}$ から明らかなごとく、均等な物質を透過するX線は、透過物質の厚さの指数関数で減弱する。しかしながら上記の実験結果から明らかなごとく、非常にせまい範囲すなわちアクリル板の厚さで数ミリメートルまでの範囲では、ほぼ直線関係で減弱するとみなして良いことが判る。

以上の結果から、胸厚が同じで胸壁の軟部組織

Fig. 7. (B), gain 2: density change of 2mm-thick acrylite plate in 10cm-thick water-phantom is represented as 10 mm-deflection.

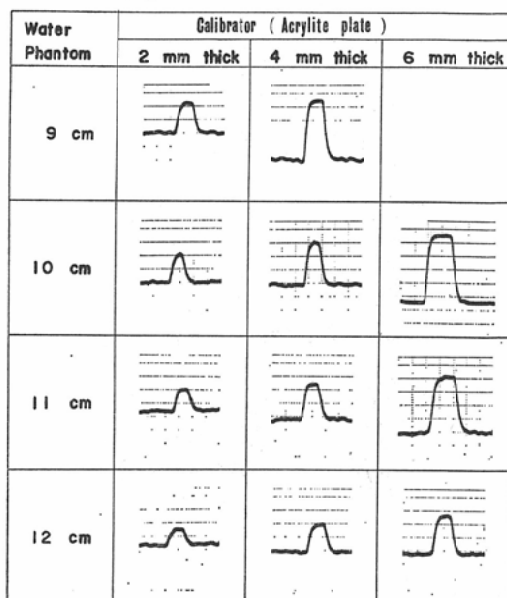
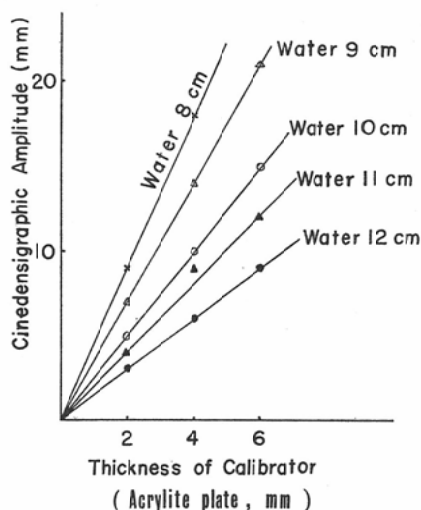
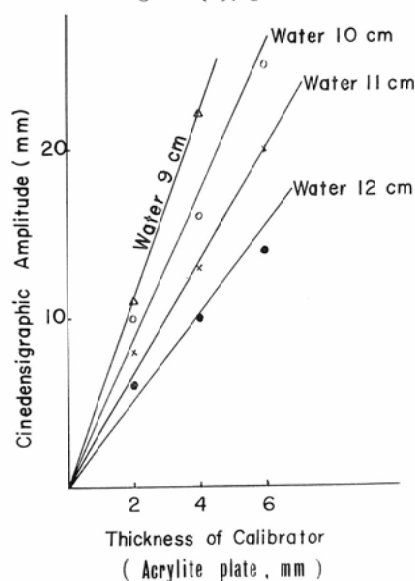


Fig. 8. Experimental relation between thickness of calibrator and cinedensigraphic amplitude in variously absorbed x-rays passed through water phantoms. (A), gain 1.



も同じような状況にある被検部位を対象として比較した場合には、Cinedensigram の振巾の大小から被検野内にある局所的な肺の搏動性変化の程度を推測できるものと考えられる。

Fig. 8. (B), gain 2.



IV. 臨床的応用

1. 正常例における記録

(1) 記録方法

Cinedensigraphy の意図するところは、受光面を底とする放射円錐中に含まれる肺組織の、搏動によるX線透過度の変化を一連の曲線として動的に描記することであり、局所肺血流動態を安全かつ容易にとらえんとするところにある。

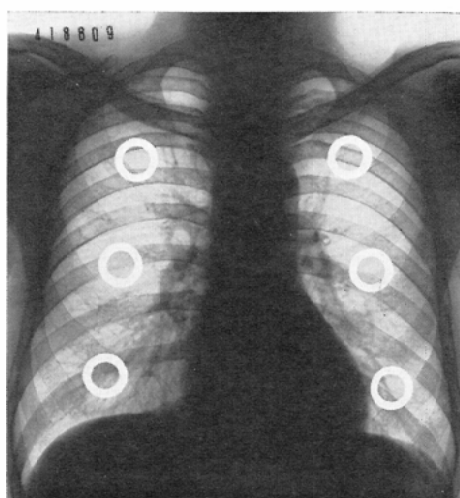
先ず被検者は、心電計の四肢誘導端子を装着する。次いで透視台を背にして立たせ、布製固定帯で胸部を軽く透視台に圧迫固定する。

被検肺野すなわち蛍光板側増倍管の受光面の大きさは、直径2cmの円とした。

被検部位は、原則として両肺野の長軸中央線上で上中下肺野を左右対称的に合計6カ所選択した (Fig. 9). 透視で観察しながら、蛍光板側プローブの受光面をこれらの部位に順次固定し、被検者には安静吸気位で呼吸を一時停止させて記録を行なった。なお透視の際には、管球側増倍管へ信号を送るアクリル円柱の先端部の断面が、充分に放射圏内に入っており、しかも被検肺野に重畳していないことを確認する必要がある。

X線の条件は一定 (60kVp, 3mA) に保ち、焦点受光面間距離も一定 (70cm) とした。増巾系

Fig. 9. The sites at which the cinedensigraphic recordings are usually made. The field examined is usually a circle of 2 cm in diameter.



の感度は、全て Gain 2 (すなわち水フアントム 10cmのとき、2mm厚さのアクリル板の変動が記録紙上10mmの振巾として表現される感度) に統一した。実際の記録に先立つて、毎回感度の校正を行なった。また波形の極性は、上向きの変化が明るさの減少を示すものとした。

なお検査に要する時間は大体15分ないし20分であり、このうちX線を曝射している時間はたかだか5分程度である。照射野も充分小さく絞りうるので、被検者の受ける被曝線量は胃透視などに比較すればはるかに少なくて済み、普通の胸部透視に要する線量と大体同じ程度と考えられる。

(2) 検査対象

臨床的ならびに胸部単純X線写真の上で、心肺系に特に異常所見の認められない15例を検査の対象とした。年齢は27才より72才におよび、男12例、女3例より成る。

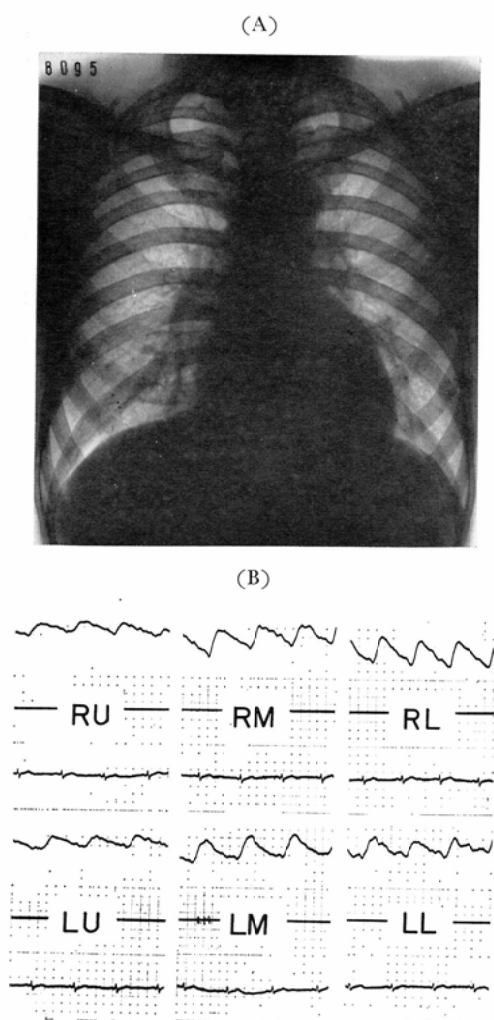
(3) 結果

(i) 正常の Cinedensigram

先ず典型的な正常の Cinedensigram を2例示す。

症例1 (Case No.33) : 33才男子。臨床的に呼吸循環系には異常所見なく、胸部X線像も正常である (Fig.10A). Cinedensigram (Fig.10B) は、

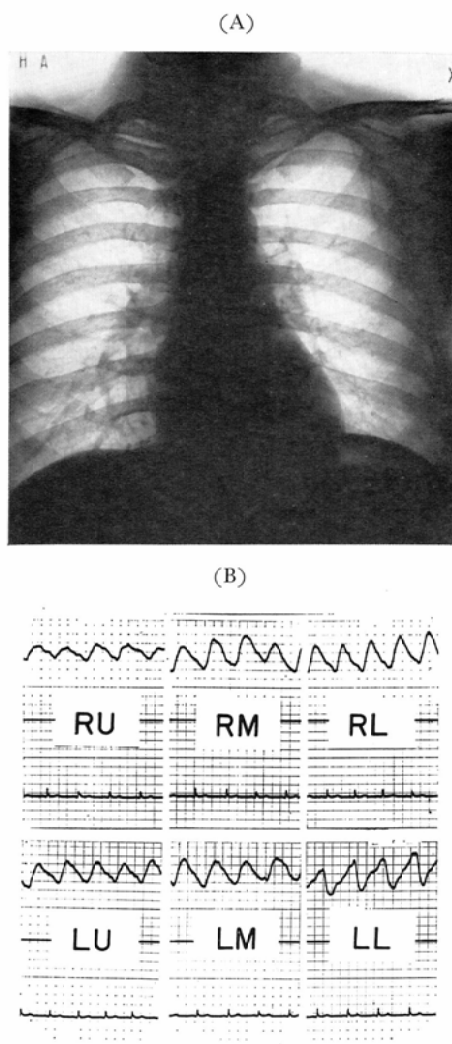
Fig. 10. Case 1. K.S., 33 year old male. (A) Roentgenogram of the chest reveals no abnormalities. (B) Cinedensigrams obtained at right upper (RU), right middle(RM), right lower (RL), left upper (LU), left middle(LM) and left lower (LL) lung fields show regular pulsatile density-variations synchronous with E. C.G. waves.



被検部位により多少その波形を異にするが、心電図に同期する規則的な脈波として認められる。この脈波は急峻な上昇脚と緩徐な下行脚より成っており、下行脚には2、3の重畳する小棘波を認める。上昇脚は心電図のT波の起始部に始まり、T波をやや過ぎたところでピークに達している。上中肺野について左右の波形を比較すると、ほぼ対

Fig. 11. Case 2. H.A., 27 year old female.

(A) Roentgenogram of the chest reveals no abnormalities. (B) Cinedensigrams are normal. Recording at left lower (LL) lung field, however, are influenced by left ventricular pulsation.



称的である。しかしながら、下肺野では左右著しく非対称的である。これは左下肺野には心臓陰影が重なってくるために、左右対称的な位置に被検部位を選択することが困難なためである。

症例2 (Case No.41) : 27才女子。甲状腺癌の手術後の患者であるが、呼吸循環系には特に異常は認められない。胸部X線像も正常である (Fig. 11 A)。Cinedensigram (Fig. 11 B) では、前例と

同様、左右対称性に規則的な脈波が記録されている。ただ左下肺野からの記録は、心臓辺縁の運動が主体をなしている。

以上の2症例にみられるごとく、Cinedensigraphyにより局所的な肺の搏動性変化が一連の曲線としてとらえることがわかる。

(ii) Cinedensigram の波高値

Cinedensigram の波形の振巾(波高値と呼ぶことにする)に影響をおよぼす因子は非常に多い。Wegelius 等(1965)⁹¹⁾は、次のような因子をあげている。すなわち、

- (a) 光電子増倍管の感度。
- (b) 増巾系の感度。
- (c) 放射線の質と量。
- (d) 被検体のX線の密度。
- (e) 記録せんとする密度変化の大きさ。
- (f) 焦点・被検体間距離。
- (g) 照射野ならびに照射容積。
- (h) 入力信号の頻度。

正常者の中肺野での波高値を左右比較する場合には、(d)、(h)の因子は近似的に一定とみなすことが可能であろう。(a)、(b)、(c)、(f)、(g)の各因子も一定に保つた。したがって左右差の主因は、(e)に基づくものとみなされる。正常者15例について、中肺野の波高値を計測し、左右差を調べたものが Table 1 である。左右の波高値の和に対する左右差の比率(Difference Rate)をみると、1例だけ15%という高い値を示すが、他は全例10%以下である。

次に波高値が胸厚とどのような関係にあるかをみたのが Fig. 12 である。横軸に胸厚、縦軸には右中肺野における波高値がプロットしてある。胸厚が同じであつても、その波高値は症例によつて大きな差があり、胸厚と波高値との間には一定の関係は認め難い(相関係数 $r = 0.07$)。

入力信号の頻度すなわち搏動数と波高値との関係をみたのが Fig. 13 である。横軸には心電図の R.R. 間隔をとり、縦軸には右中肺野の波高値をプロットした。R.R. 間隔が長くなると、振巾も大きくなる傾向が認められる(相関係数 $r = 0.55$)。

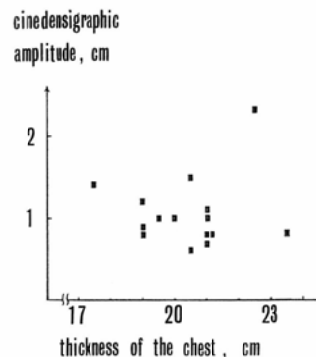
さらに胸壁軟部組織の左右差が波高値にどのよ

Table 1. Difference between cinedensigraphic amplitude of right middle lung field and that of left middle lung field in normal cases.

Case No.	Age, Sex	Cinedensigraphic amplitude (cm)			Diff. Rate* (%)
		RM	LM	Diff.	
41	27, F.	1.4	1.3	0.1	3.7
74	35, F.	0.8	0.7	0.1	6.7
40	52, F.	0.8	0.7	0.1	6.7
60	60, F.	1.1	1.2	0.1	4.4
33	33, M.	1.5	1.4	0.1	3.5
39	36, M.	1.2	1.2	0	0
35	51, M.	2.3	1.7	0.6	15.0
79	52, M.	0.9	0.8	0.1	5.9
6	55, M.	0.8	0.8	0	0
25	57, M.	1.0	1.0	0	0
51	57, M.	1.0	1.0	0	0
11	63, M.	0.7	0.8	0.1	6.7
24	64, M.	0.7	0.8	0.1	6.7
7	72, M.	0.8	0.7	0.1	6.7
85	27, M.	1.0	1.2	0.2	9.1
Average		1.1	1.0	0.1	5.4

$$\text{*Difference Rate} = \frac{\text{Difference}}{\text{Sum of both amplitude}} \times 100 (\%)$$

Fig. 12. Cinedensigraphic amplitude of right middle lung field and thickness of the chest.



うな影響をおよぼすかについて検討した。乳癌根治手術後の患者で呼吸循環系に特に異常のない8例を対象に選び、左右中肺野の波高値を比較した。Table 2 に示すごとく、8例中4例は手術側の軟部組織の少い側で高い波高値を示したが、左右差はそれ程著明ではない。3例は左右差なく、

Fig. 13. Cinedensigraphic amplitude of right middle lung field and RR-interval.

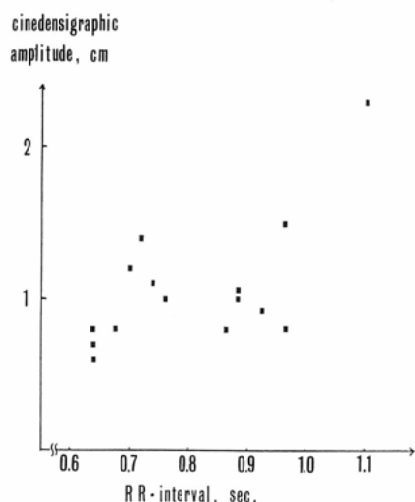


Table 2. Cinedensigraphic amplitude on middle lung fields in post-mastectomy patients.

Case No.	Age, Sex	Cinedensigraphic amplitude (cm)			Diff. Rate (%)
		op. side	non-op. side	Diff.	
14	66, F.	1.1	0.6	0.5	29
15	50, F.	1.0	1.2	0.2	9
16	48, F.	2.2	1.8	0.4	10
26	62, F.	0.7	0.7	0	0
45	62, F.	1.1	1.1	0	0
57	36, F.	0.9	0.7	0.2	12
58	40, F.	1.1	1.0	0.1	5
59	53, F.	0.7	0.7	0	0

1例は手術側がむしろ低い値を示した。

2. 肺疾患における記録

(1) 原発性肺癌(肺門型)におけるCinedensigram.

先ず2, 3の症例について, 胸部X線像と対比して示す。

症例3 (Case No.63): 40才男子. 入院の約4カ月前より咳, 痰, 時に血痰, 発熱をみるも放置していた. 約1カ月前他院でX線検査を受け左上葉の肺癌を疑われ, 当院に紹介され入院した. 入院時の呼吸機能検査では, 肺活量 1,792ml (%VC, 46.4%), 1秒率72.5%, MBC 55.2l/min (%MBC, 48.5%)であった。

入院時の胸部X線像は Fig. 14Aのごとく, 左肺門部を中心に境界不鮮鋭な濃厚陰影があり, 左側肺野は右側に比し全体に暗く中央陰影の左側偏位がみられる. 気管支造影検査では, Fig. 14Bのごとく左主気管支の閉塞像が認められる. Cine-densigram (Fig. 14C) をみると, 右側上中下肺野では正常の搏動性変化が認められるが, 左側で

Fig. 14. Case 3. S.M., 40 year old male. (A) Roentgenogram of the chest indicates massive shadow in the left hilar region and mediastinal displacement to the left.

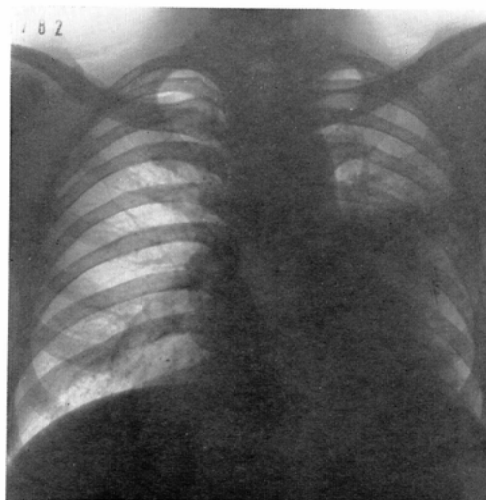


Fig. 14.(B) Bronchogram shows occlusion of the left main bronchus.

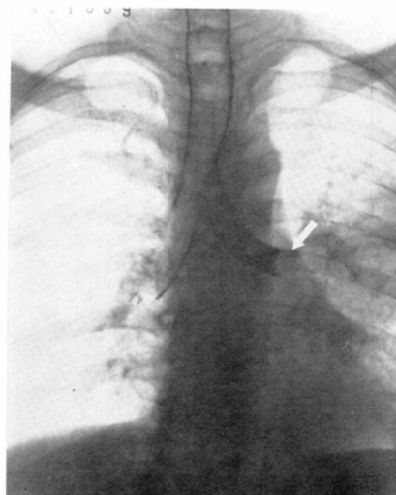


Fig. 14.(C) Cinedensigrams: normal recording on the right (right upper and right middle lung field), but scarce pulsatory movement on the left.

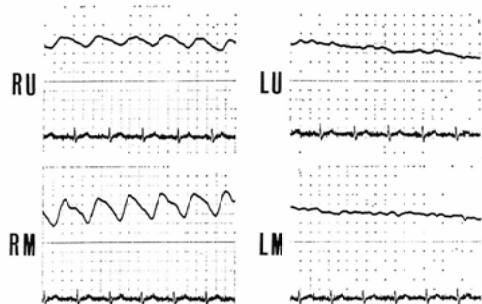
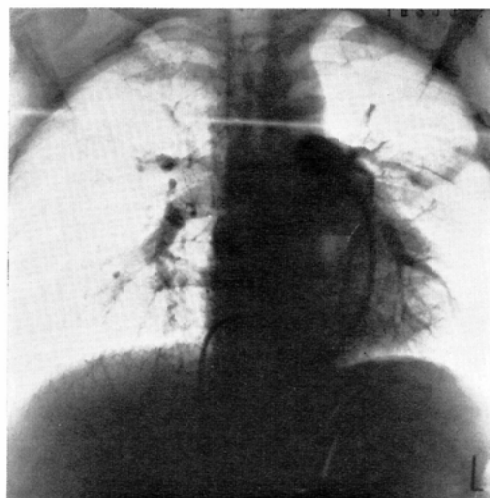


Fig. 14.(D) Pulmonary arteriogram reveals decreased blood supply to the left lung.



コバルト遠隔照射法で右肺門部に腫瘍線量 5,000 Rが照射された。右肺門部の腫瘍影は縮少し、上葉の無気肺も改善された (Fig.15B)。しかし Cinedensigram (Fig.15C) をみると、左側では明らかな脈波が認められるが、右側では上中肺野とも全く搏動性変化は認められない。すなわち

Fig. 15. Case 4. S.K., 57 year old male.
(A) Chest x-ray film on admission shows massive density in the right hilar region and right upper lobe atelectasis.

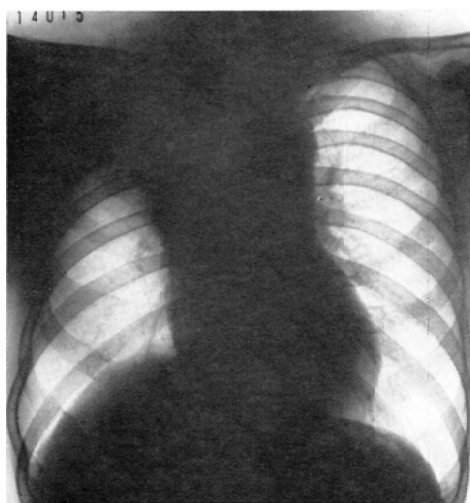
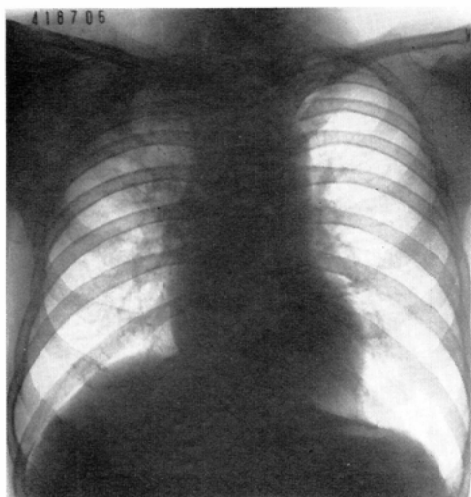


Fig. 15.(B) Roentgenogram of the chest after radiation therapy. Right hilar tumor decreased its size with some aeration in the right upper lobe.

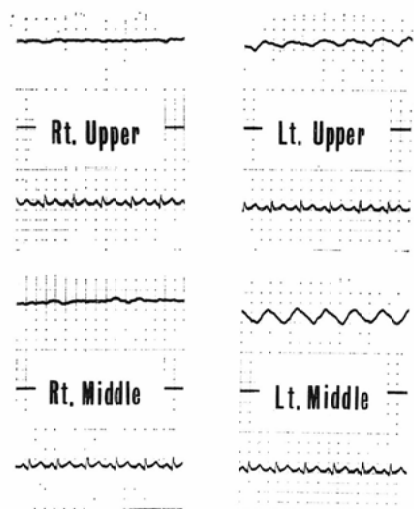


は上肺野にわずかに搏動性変化が認められるだけで、中肺野の記録は不規則棘状波から成り搏動性変化は認め難い。肺動脈撮影像 (Fig.14D) でも、左肺動脈が基幹部で狭窄し、左肺血流障害の様相が形態的にとらえられている。

症例4 (Case No.32): 57才男子。昭和41年12月咳と痰が現われ、時に胸部の重圧感を認めた。昭和42年4月右上半身の浮腫が現われ次第に増強し、同年7月当院を受診した。

初診時の胸部X線像 (Fig.15A) では、右肺門部に境界不鮮明な腫瘤状陰影があり右上葉の無気肺を伴っている。手術不能の肺癌と診断され、

Fig. 15. (C) Cinedensigrams recorded on the same day as (B). No pulsatory density variation is visible on the right upper and right middle lung field.



本例は、照射によつて右上葉無気肺の改善はみだが、右肺血流は改善されなかつたと推測された例である。

症例5 (Case No.38) : 37才女子。昭和42年7月初めより嘔声あり、しばらくして左鎖骨上部の腫瘤に気付いた。同年8月腫瘤の試験切除を行ない扁平上皮癌のリンパ節転移と判明し、各種検査の結果原発巣は右肺門部の肺癌と診断された (Fig.16A)。Fig.16Aの輪状のマークは、Cinedensigraphyの被検部位を示している。Cinedensigram (Fig.16B) では、右上中肺野特に上肺野の搏動

Table 3. Cinedensigraphic amplitude recorded on both middle lung fields in lung cancer of hilar type.

Case No.	Age, Sex	Cinedensigraphic amplitude (cm)			Diff. Rate (%)
		affected	opposite	Diff.	
1	63, M.	0.4	0.7	0.3	27
3	65, M.	0	0.8	0.8	100
8	60, M.	0	2.2	2.2	100
32	58, M.	0	0.7	0.7	100
38	37, F.	0.6	1.1	0.5	29
63	40, M.	0	1.3	1.3	100
76	46, M.	0.3	0.7	0.4	40

Fig. 16. Case 5. K.H., 37 year old female. (A) Chest x-ray film shows ill-defined density in the right hilar region. Ring marks mean the sites at which cinedensigraphic examination was performed.

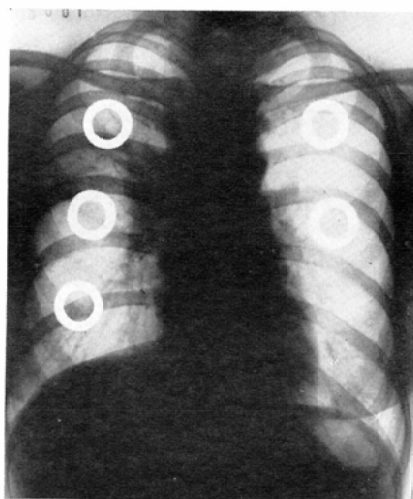
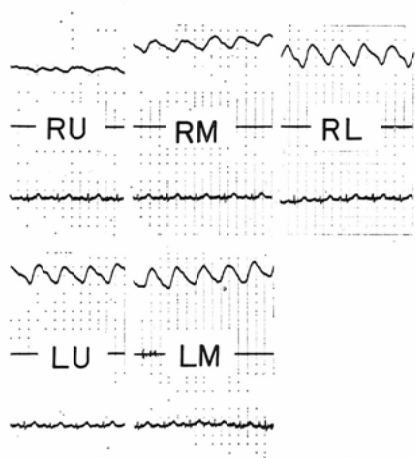


Fig. 16. (B) Cinedensigram on the right upper lung field (RU) is weak and somewhat irregular compared with the record on the opposite side (LU).



性振巾が、左側のそれに比較し著明に低下している。

以上の3症例の示すごとく、肺門型肺癌ではCinedensigraphyの上で患側肺搏動性変化の著明な低下を示す場合が多い。肺門型肺癌7例について左右各中肺野での搏動性振巾を比較してみる

Fig. 17. Case 6. F.S., 66 year old female. (A) Chest x-ray film shows some fibrotic and infiltrative densities in the right middle and lower lung fields (radiation pneumonitis).

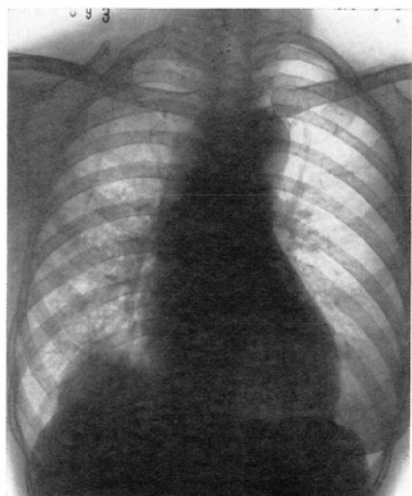
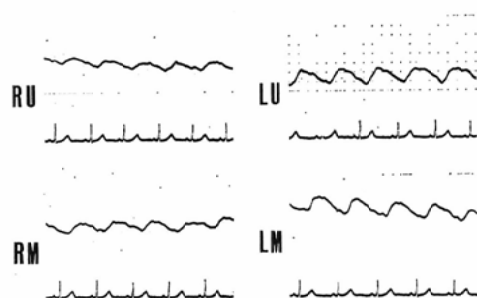


Fig. 17. (B) Cinedensigrams on the right side appears weak and somewhat irregular compared with the left.



と、Table 3 に示すごとく、患側肺の搏動性変化が全く認められないものが過半数（7例中4例）を占め、たとえ搏動が認められても健側肺に比較し著明に減弱していることがわかる。

(2) 放射線肺線維症における Cinedensigram
乳癌の術後照射によつて放射線肺線維症の惹起された症例の Cinedensigram を示す。

症例 6 (Case No.84) : 66才女子。昭和42年7月右乳癌にて根治手術を受け、同年9月から10月にかけて術後照射が行なわれた。照射終了6ヵ月後の胸部X線像 (Fig.17A) では、右側中下肺野にびまん性に斑状ないし索状陰影が認めら

Fig. 18. Case 7. T.N., 45 year old female. (A) Roentgenogram of the chest reveals increased lung markings with some infiltrative densities radiating from left hilum, which is probably radiation fibrosis.

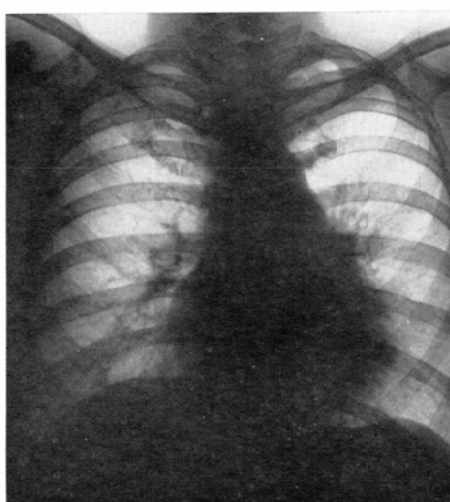
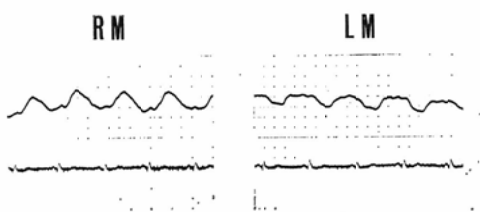


Fig. 18. (B) Cinedensigrams: plateau-formation is visible on the left.



れる。両側中肺野からの Cinedensigram (Fig.17B) をみると、左側の波形は正常であるが、右側の波形は振幅もやや小さく不規則で、ピークが平坦化し台地状を呈している。

症例 7 (Case No.95) : 45才女子。昭和41年5月左乳癌にて根治手術を受け、同年6月から7月にかけて術後照射が行なわれた。照射1年10ヵ月後の胸部X線像 (Fig. 18A) では、左肺門部を中心に放射状に走る索状陰影が認められる。両側中肺野からの Cinedensigram (Fig.18B) をみると、右側ではほぼ正常の脈波が記録されているが、左側では波高値の低下といわゆる台地状波形の所見が明らかである。

症例 8 (Case No.75) : 44才女子。昭和41年2月左乳癌にて根治手術を受け、同年5月から6月

Fig. 19. Case 8. C.K., 44 year old female. (A) Roentgenogram of the chest shows some fibrotic densities in the left upper and middle lung fields. Radiation fibrosis is most likely.

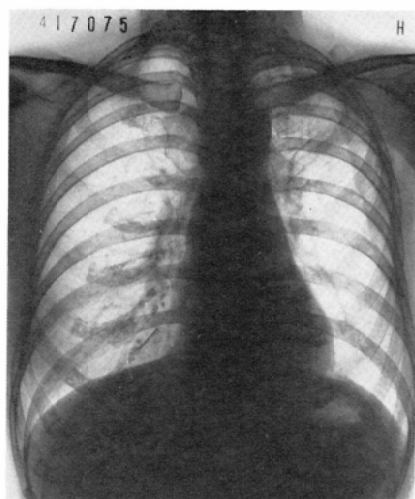
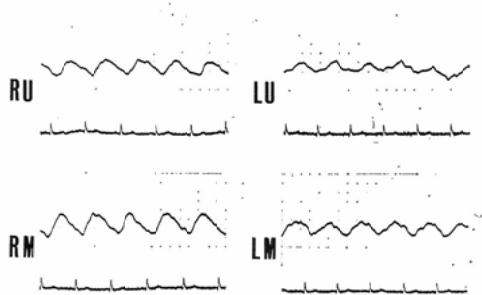


Fig. 19.(B) Cinedensigrams. Density change of the left lung (LU and LM) is small and irregular. The pulsation-curves of the left lung are slowly arising, which means the increase of the density of the lung is slow. Pulsations of the right lung (RU and RM) are normal.



にかけて左鎖骨上部、9月から10月にかけて左胸壁に対し術後照射が行なわれた。照射1年5ヵ月後の胸部X線像 (Fig. 19A) では、左上中肺野に索状ないし斑状陰影が特に上肺野に密に認められる。両側中肺野の Cinedensigram (Fig. 19B) をみると、右側では正常の規則正しい脈波が認められる。しかし左側では振巾が低下し、波形も不規則になっている。また上昇脚が緩徐になり、正常でみられる急峻な立ち上がりが認められない。

以上の3症例を含め、乳癌術後照射によって生

Table 4. Cinedensigraphic amplitude on middle lung fields in post-mastectomy patients suffering from unilateral pulmonary fibrosis induced by radiation.

Case No.	Age, Sex	Cinedensigraphic amplitude (cm)			Diff. Rate (%)
		affected side	normal side	Diff.	
47	61, F.	0.4	1.2	0.8	50
68	41, F.	0.6	1.2	0.6	33
69	39, F.	0.3	0.6	0.3	33
70	74, F.	0.4	1.0	0.6	43
75	44, F.	0.7	1.1	0.4	22
84	66, F.	0.6	0.8	0.2	14
95	45, F.	0.6	0.9	0.3	20

じた放射線肺線維症の7例について Cinedensigram をとり両側中肺野の波高値を左右比較したものが Table 4 である。この表から明らかなごとく、X線像上放射線肺線維症の認められる側で全例搏動性振巾が低下している。その低下の様相を左右差率 (Diff. Rate) でみると、20%~50%の範囲にあるものが大部分 (7例中6例) を占めている。そしてその波形が正常と異なり、上昇脚の立ち上がりが緩徐になり、いわゆる台地状波形を呈する場合の多い点が目される。

3. ^{131}I MAA による肺シンチグラムとの対比
1963年 Taplin⁷⁷⁾ は大凝集アルブミン (Macroaggregated Albumin, MAA と略記) を開発し、肺シンチグラフィの端緒を開いた。1964年 Wagner 等⁸⁶⁾ によつて臨床的に応用されるようになった。末梢静脈に注入された ^{131}I MAA は右室で完全混和され、肺局所に局所肺動脈血流量に比例して蓄積することが明らかにされている。当初は欧米に比較的多い肺塞栓症の診断法として開発されたものであるが、各種心肺疾患の局所肺動脈血流障害の診断にも有用であることが確認され、現在では臨床面でも研究面でも広く用いられている。

肺シンチグラムと Cinedensigram とがどのような関係にあるかをみるために、両方の検査を同じ被検者について同じ日に施行して比較検討した。

(1) 方法

肺シンチスキヤニングは島津製シンチスキヤナ SCC-130 S 形を用いた。これは直径3インチの

クリスタルを有するものである。コリメーターは19孔 honey cone 型の焦点距離10cmのものをを用いた。Scan-Speed は90cm/min., Scan-Space は3 mmとした。ただ症例14 (Case No. 98) の肺シンチグラムだけは、日本無線医理学研究所製 JSS-130 B-104型のシンチスキャナを使用し、コリメーターは37孔 honey cone 型焦点距離10cmとし、Scan-Speed 75cm/min., Scan-Space 4 mmで記録した。

あらかじめヨウ化ナトリウム液で被検者の甲状腺をブロックしておき、仰臥位にて ^{131}I MAA 200~250 μCi 静注して5分後にスキャンを開始した。

Cinedensigraphy も同じ日に同じ体位 (仰臥位) で記録した。

(2) 結果

正常例と肺結核例ならびに肺癌例における記録を示す。

症例9 (Case No.87) : 52才男子。正常例。胸部X線像 (Fig.20 A), 肺シンチグラム (Fig.20 B) とともに異常所見は認められない。Cinedensigram (Fig.20 C) でも、左右ほぼ対称的で正常の脈波と考えられる。

症例10 (Case No.93) : 49才女子。右乳癌根治手術後。肥満型の女性で、胸部X線像 (Fig.21 A) でも両側横隔膜がやや高い位置をとっている。肺シンチグラム (Fig.21 B) でも両側横隔膜が一層高位をとっている以外には異常所見はない。Cinedensigram (Fig.21 C) をみると、左右上中肺野ともに規則正しい脈波が記録されているが、中肺野で左右の搏動性振巾を比較すると右肺がやや大きい値を示す。左右差率 (Diff. Rate) で23%に相当する。これは恐らく、右乳癌の根治手術で右側の乳腺ならびに胸壁の筋肉、脂肪組織が剔除され、胸壁軟部組織によるX線吸収に右左差を生じたことが原因の1つと考えられる。

症例11 (Case No.91) : 60才男子。肺結核。胸部X線像 (Fig.22 A) で、両側上肺野特に左上肺野に線維硬化性の結核性病巣が認められる。肺シンチグラム (Fig.22 B) では両側上肺野特に左上肺野への肺動脈血流分布の減少が明らかである。Cinedensigram (Fig.22 C) をみると、中肺野で

Fig. 20. Case 9. T.T., 52 year old male. (A) Roentgenogram of the chest shows no abnormal findings. (B) Scintigram is also normal.

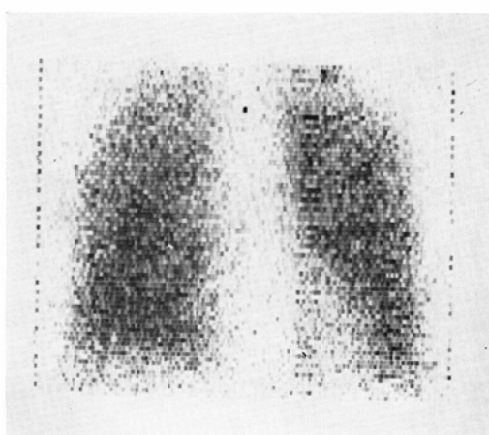
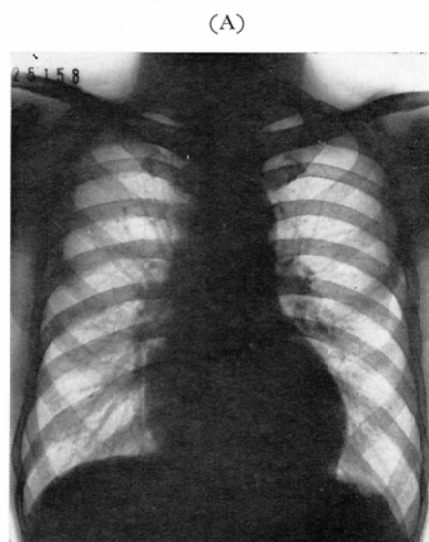


Fig. 20. (C) Cinedensigrams reveal regular and symmetrical pulsations.

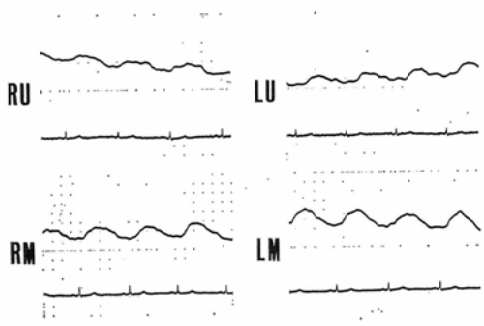
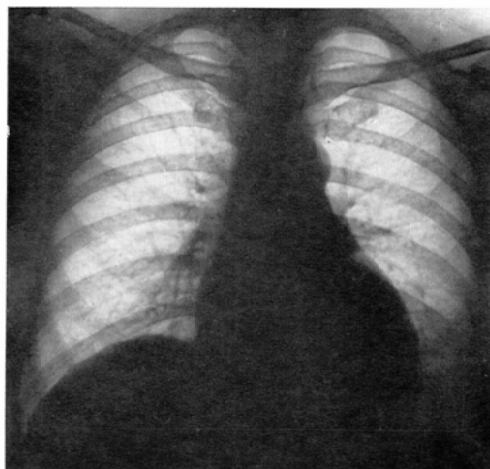


Fig. 21. Case 10. Y.T., 49 year old female. (A) Roentgenogram of the chest shows no abnormal findings except for slight elevation of bilateral diaphragmatic domes. Right radical mastectomy was performed two months ago. (B) Normal scintigram.

(A)



(B)

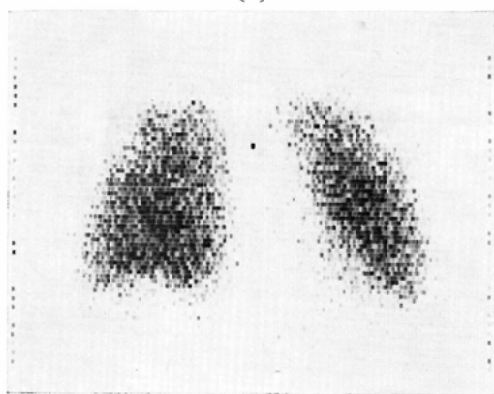


Fig. 21. (C) Cinedensigrams. Density variation of the left middle lung field (LM) is slightly smaller than the right. This is probably due to the differences of soft tissue density caused by right radical mastectomy.

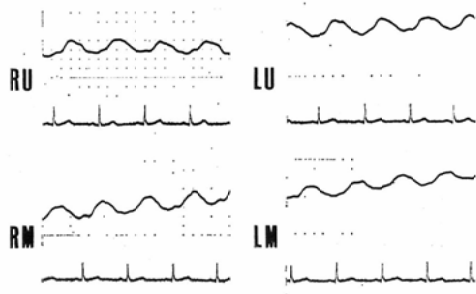
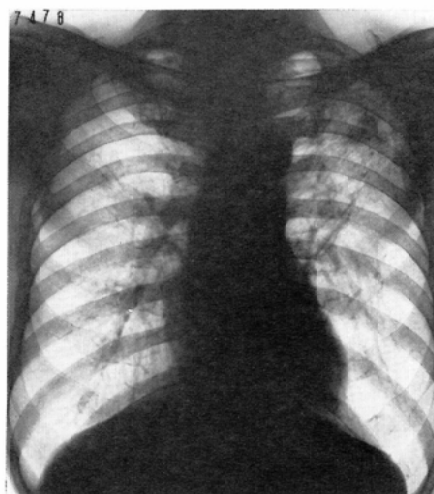


Fig. 22. Case 11. E.A., 60 year old male.

(A) Chest x-ray film reveals advanced pulmonary tuberculosis.

(B) Multiple areas of impaired blood flow are demonstrated by the scan.

(A)



(B)

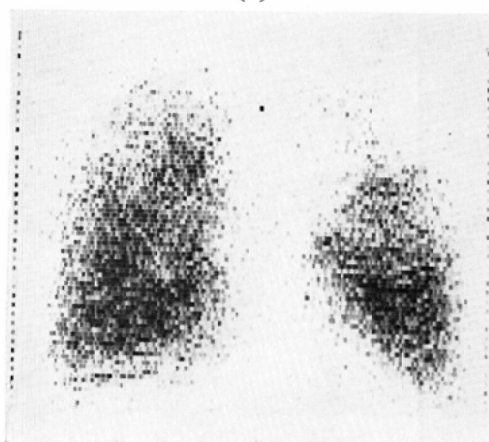


Fig. 22. (C) Reduction of the density variation in both upper lung fields corresponds well to the findings of the scan.

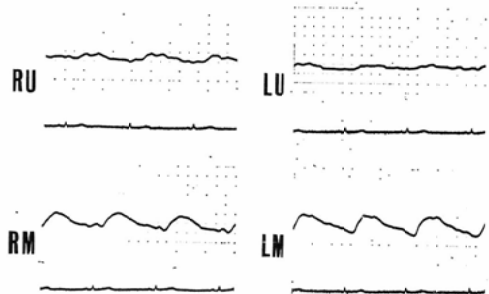
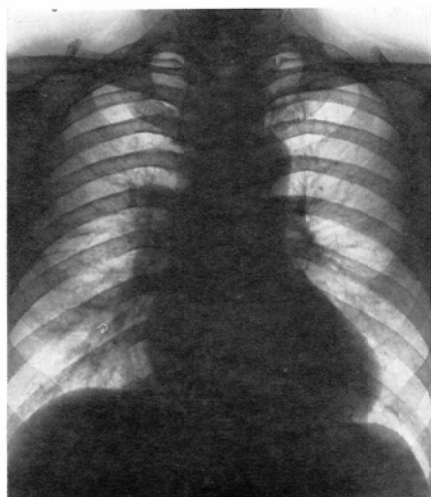


Fig. 23. Case 12. S.Y., 52 year old male.

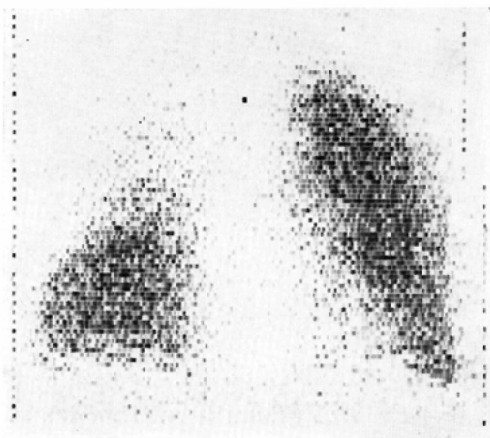
(A) Roentgenogram of the chest after delivering telecobalt irradiation to the right hilar tumor shows only slight enlargement of right hilar shadow.

(B) Marked impairment of blood flow to the right upper and middle lung fields is demonstrated by the scan.

(A)



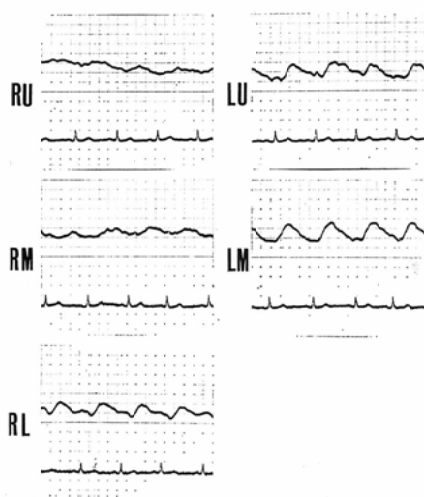
(B)



は左右対称的に規則的な脈波が認められるが、上肺野では著明に減弱しており特に左上肺野では不規則小棘状波のみで明らかな脈波は認め難い。

症例12 (Case No.88) : 52才男子。右肺癌照射後。右上葉の原発巣と右肺門リンパ節領域にコバルト遠隔照射が行なわれ、肺野の病巣はほぼ消失

Fig. 23. (C) Density variation is also impaired in the right lung, particularly in the upper and middle lung fields.



し、肺門の腫瘤影も縮小した (Fig. 23A)。照射終了時の肺シンチグラム (Fig. 23B) をみると右上肺野への血流はほぼ完全に杜絶し、中肺野の血流も減少している。Cinedensigram (Fig. 23C) をみると、右上中肺野の搏動性振巾が減弱、不規則化しており、特に上肺野ではほとんど消失している。Cinedensigram の所見と肺シンチグラムの所見とがきわめて良く一致している。

症例13 (Case No.94) : 63才女子。右パンコースト型肺癌照射後。胸部X線像 (Fig. 24A) では、右上葉に無気肺様の陰影があり、右横隔膜の挙上を伴っている。また右第I, II肋骨の骨破壊像もみられる。肺シンチグラム (Fig. 24B) をみると、右上肺野の血流は杜絶しており、右中肺野の血流も左側に比し減少していることがわかる。Cinedensigram (Fig. 24C) をみると、右上肺野では搏動性変化は消失しており、右中肺野の脈波も左側に比し明らかに減弱している。

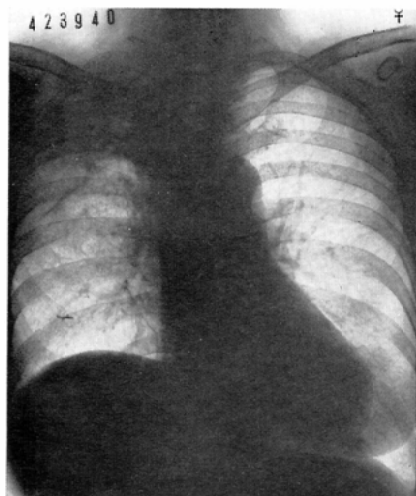
症例14 (Case No.98) : 53才男子。右肺癌。約6カ月前に咳と熱で発症。当科受診時の胸部X線像 (Fig. 25A) では、右中下葉の無気肺がみられ、右上葉は代償性に膨張している。肺シンチグラム (Fig. 25B) では、右下肺野の血流の杜絶がみられ、右上中肺野の血流分布も左側に比しやや

Fig. 24. Case 13. K.Y., 63 year old female.

(A) Roentgenogram of the chest shows advanced lung cancer of Pancoast's type.

(B) The scintigram demonstrates that blood flow to the right lung is markedly impaired.

(A)



(B)

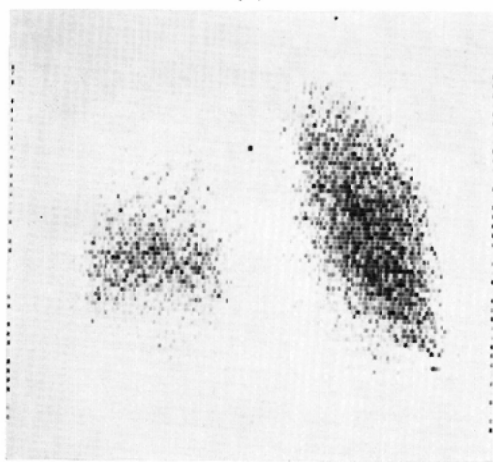


Fig. 24. (C) Marked impairment of density variation in the right lung is demonstrated by the cinedensigram.

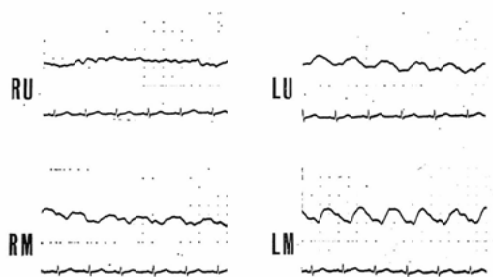
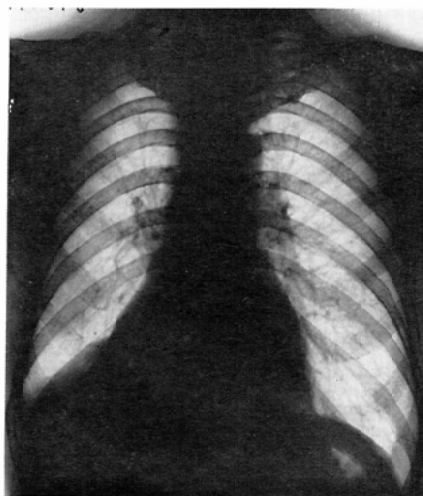


Fig. 25. Case 14. I.Y., 53 year old male.

(A) Chest x-ray film shows right lung cancer with right middle and lower lobe atelectasis.

(B) Decrease of blood flow to the right lung is demonstrated by the scan.

(A)



(B)

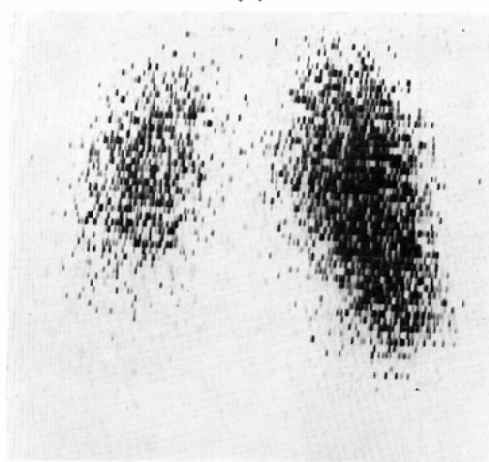
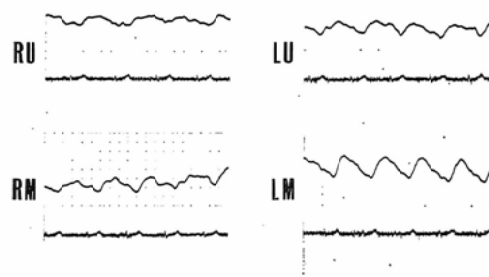


Fig. 25. (C) Cinedensigrams demonstrate irregular and decreased density variation in the right lung.



少いようにみえる。Cinedensigram (Fig. 25C) をみると、右上中肺野の搏動性変化は左側に比し明らかに減弱しており、中肺野の左右差率 (Diff. Rate) は約30%である。

(3) 小括

肺シンチグラムは、静脈内に注入された ^{131}I MAA粒子が肺毛細管に一時的に microembolization の形で捕捉されている間に、体外的にシンチスキャナで ^{131}I MAAの空間分布を描画する方法である。前述のごとく、静注された ^{131}I MAAは肺局所への肺動脈血流に比例して分布するために、各種心肺疾患の局所肺動脈血流障害の診断に有用であることが確認されている。

一方 Cinedensigraphy は、局所的な肺組織の搏動に由来するX線透過度の変化を光電的にとらえ、一連の曲線として描記する方法である。肺シンチグラム像と Cinedensigram とを対比検討した結果、

(a) 肺シンチグラムで欠損を示す部位の Cinedensigram は、不規則小棘状波から成り、搏動性変化は認められない。

(b) 肺シンチグラムで肺動脈血流の減少していると思われる領域での Cinedensigram は、健側肺の波形と比較し搏動性振巾が明らかに減じている。

(c) 肺シンチグラムで正常の血流分布のみられる領域での Cinedensigram は、心搏に同期する規則的な一連の正常脈波からなっている。

4. 肺動脈造影所見との対比

肺動脈造影は、局所的な肺動脈血流動態をとらえる最も直接的な方法といえよう。しかしながら手技の複雑さと、少なからぬ危険を伴うことから日常ルーチンの検査法として施行するには難点がある。2, 3の症例について、肺動脈造影と Cinedensigraphy とを対比検討した成績を示す。

症例15 (Case No. 8) : 60才男子。左肺癌。初診時の胸部X線像 (Fig. 26A) では、左肺門部に境界不鮮明の腫瘤影があり、無気肺と胸水の貯溜を伴っている。呼吸機能検査では、肺活量 1,774 ml (%V C 53%), 1秒率72%, M B C 43l/min(% M B C 48%)であった。Cinedensigram (Fig. 26

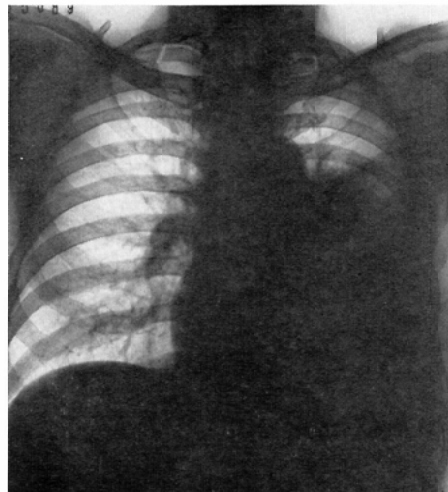
B) をみると、左上肺野では不規則棘状波のみで搏動性変化は認め難い。X線像上不透明の左中肺野では、明るさの変化は全くみられず平坦な直線となっている。右側では、上中肺野とも規則正し

Fig. 26. Case 15. S.T., 60 year old male.

(A) Roentgenogram of the chest presents massive density in the left hilar region with accumulation of pleural fluid.

(B) Cinedensigrams demonstrate complete disappearance of pulmonary pulsations in the left lung. The right lung pulsations are rather increased.

(A)



(B)

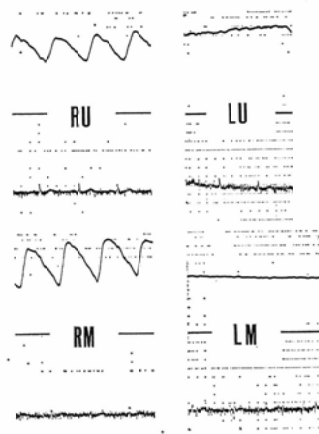
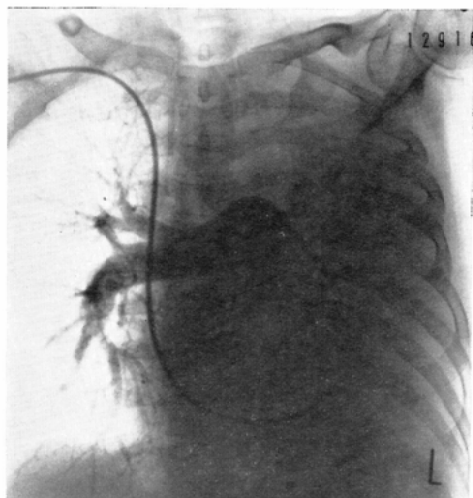


Fig. 26. (C) Pulmonary arteriogram presents almost complete obliteration of the left pulmonary artery



い脈波が記録されている。肺動脈造影像 (Fig. 26 C) では、左肺動脈が基幹部で著明な狭窄を示している。

本例は、単純写真の上で明るくみえる左上肺野で Cinedensigram が搏動性変化を示さなかつたことから、左肺門部における肺動脈の狭窄ないし閉塞が推測され、肺動脈造影によって著明な狭窄の確認された症例である。

症例16 (Case No.56) : 50才女子。左肺癌。初診時の胸部X線像 (Fig. 27A) では、左肺門領域に辺縁凹凸不整の大きな腫瘤影が認められ、気管支造影 (Fig. 27B) で左B₆の中断像がみられる。コバルト遠隔照射法で腫瘍線量 6,600 R を照射し、腫瘤影は著明に縮少した (Fig. 27C)。照射後の肺機能検査では、肺活量 2,960ml (%VC 115%), 1秒率74.2%, MBC 41.2l/min (%MBC 63.5%), 左右別肺活量は右 1,620ml, 左 1,220ml であつた。Cinedensigram (Fig. 27D) では、左中肺野の搏動性振巾が右側に比しやや小さい (左右差率21%) が、上肺野ではむしろ左側の振巾が大であり、肺動脈血流の左右差は明らかでない。肺動脈造影 (Fig. 27E) でも、左右の肺動脈血流に明らかな差は認め難い。

本例は、Cinedensigram から左右の肺動脈血流

分布に著変はないものと推測され、肺動脈造影によつて確認された例である。

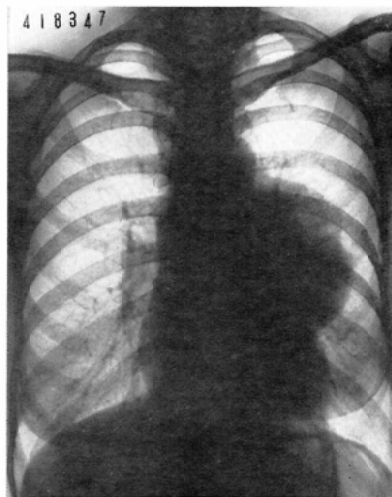
上記2症例ならびに症例3から、Cinedensigraphy によつて肺動脈血流の局所的な分布を巨視的にとらえうることが明らかであろう。

Fig. 27. Case 16. H.Y., 50 year old female.

(A) Roentgenogram of the chest on admission presents a huge tumorous shadow in the left hilar region.

(B) Bronchogram demonstrates complete obliteration (arrow) of the superior basal branch of the left lower lobe bronchus.

(A)



(B)

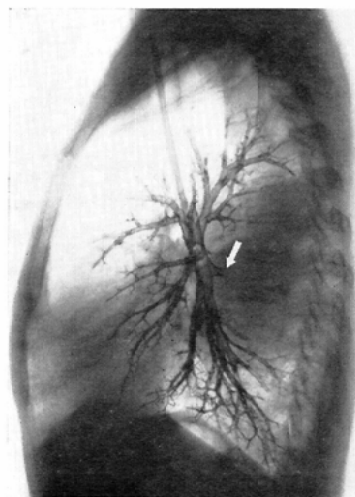


Fig. 27. (C) Roentgenogram of the chest after delivering telecobalt irradiation of 6,600R to the tumor demonstrates remarkable decrease of the size of the tumor.

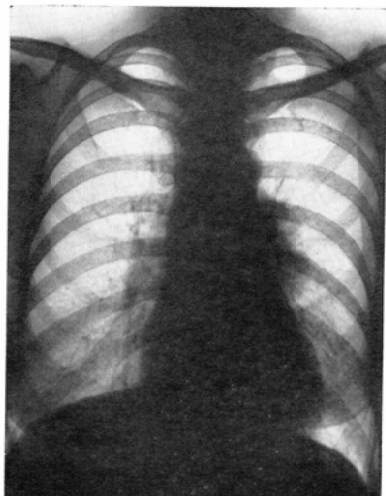
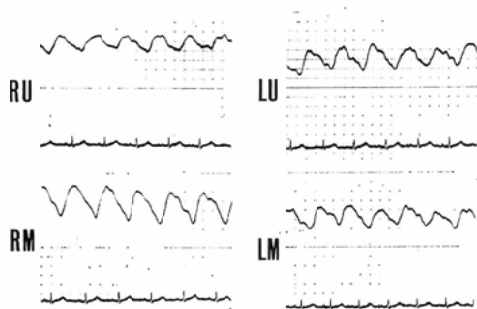


Fig. 27. (D). Cinedensigrams examined on the same day as (C) demonstrate normal density variation except for only slight decrease of density range in the left middle lung field.



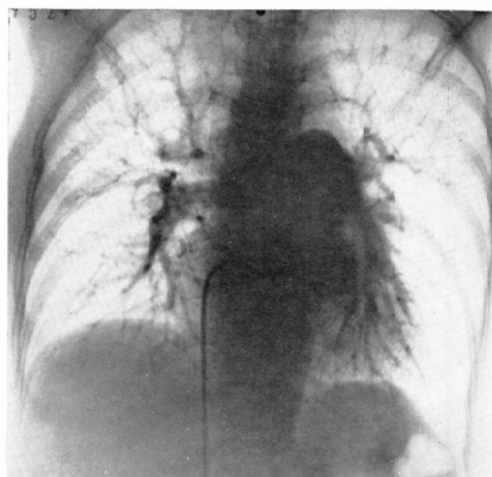
V. 考 按

1. X線学的肺機能検査法に関して

近年肺生理学の進歩とともに各種の肺機能検査法が開発されてきており、放射線医学の分野においても放射線を用いた種々の検査方法が試みられている。これらの方法は、(1) X線写真を計測して肺機能を推定するもの、(2) 肺のX線密度変化の測定から肺機能を推定するもの、ならびに(3) Radioisotope (以下 R.I. と略記) を用いる検査の3つに大別できる。

X線写真の計測によって全肺容量、左右分割肺

Fig. 27. (E) Pulmonary arteriogram shows almost normal distribution of pulmonary arterial blood flow.



活量を求めることは、Aslett 等 (1939)⁷⁾、高橋等 (1953)⁷³⁾、Autio (1957)⁸⁾、小田和 (1959)⁶¹⁾、Barnhard 等 (1960)¹⁰⁾等が報告している。これらの方法によつて得られた値は、健康人には比較的良好であつてはまるが、病的な場合には適用が困難であり、臨床的に応用される段階には到つていない⁵⁶⁾。

次に肺のX線密度変化の測定であるが、これにはフィルム黒化度の差として測定する方法と、蛍光板等の輝度変化に変えてこれを光電的に記録する方法の2通りがある。前者のフィルム黒化度測定による肺機能検査法については、渡辺(1962)⁸⁸⁾、三浦 (1962)⁵⁶⁾、田岡 (1965)⁷⁶⁾、滝沢等(1965)⁷⁴⁾⁷⁵⁾等の報告がある。三浦、田岡は水ファントムを用いた Densoplanigraphy により、左右分割肺機能測定が可能であり、健康肺および病的肺についてこの方法で求めた左右肺活量比と Bronchspirometry による左右肺活量比とは実用上の一致を示し、さらに本法により部分的肺機能の変化を推定できると述べている。滝沢等は、深吸気時、深呼吸時2枚の胸部X線フィルムの濃度差を測光積算させることにより、肺換気機能の量的計測を行ない、さらに肺換気量を色彩的に表現することを試みている。しかしながらこれ等の方法は、写真の黒化度が撮影条件、現像条件等により変動しやす

いため、定量的測定には必ずしも適している方法とは考えられない⁴⁴⁾。これに対して後者のX線透過度の変化すなわちX線密度変化を光電的に記録する方法はより定量的であると考えられる。前述の方法は、フィルム計測法にしる黒化度測定法にしる、いずれも肺の換気能力だけが問題にされているが、この方法では呼吸による肺のX線密度変化の測定が可能だけでなく、Marchal等のCinedensigraphyやわれわれの研究のごとく、肺の搏動に由来するX線密度変化の測定記録も可能である。

X線で胸部を透視する際に、蛍光板上の肺野明るさが呼吸運動により変動することは肉眼的に充分観察される。この現象を光電的にとらえて左右別肺機能、局所肺機能を測定せんとした試みは多い。Marchal等のStati-densigraphy³³⁾³⁹⁾³¹⁾、Andrews等(1959)³⁾、峰木(1959)⁵⁵⁾、Steiner等(1960)⁷¹⁾、梅垣等(1962)⁸²⁾、戸塚等(1962)⁷⁹⁾、Oderr(1964)⁵⁹⁾、Angerstein(1964)⁴⁾、星野等(1964)^{23)~25)}、Laws等(1965)⁴⁰⁾、Angerstein(1967)⁵⁾、梅垣(1967)⁸³⁾、青木等(1968)⁶⁾等の研究がその代表的なものであろう。Marchalは正常例について肺の蛍光輝度変化(Stati-densigraphy)とSpirometerを同時記録した結果、Stati-densigraphyは肺内含気量の変化を忠実に反映し、Spirometerでは機械的慣性のために記録し得ないような微細な変化も明らかにし得ると述べている。また疾患例についても、Stati-densigraphyによる左右肺活量比とBronchspirometryによるそれとは実用上の一致を示す。さらに、小さな受光面で局所的に肺の蛍光輝度変化を検べると(local Stati-densigraphy)、局所肺換気障害、air trapping等を把握しようと報告している。特に本法では、Bronchspirometry等と比較し、被検者に何等苦痛を与えることなしに、生理的状态での測定が可能である点が強調されている。これらの蛍光輝度変化の光電的記録とは別に、Small等(1962)⁶⁶⁾はScintillation detectorとratemeterを使用して肺のX線透過度の変化を検出し、局所肺換気の異常を指摘しようと報告している。またGerhardt等(1966)¹⁸⁾は、測定系に電離槽を使用

して肺全体のX線透過度の変化を検出する方法を述べている。

肺の末梢小血管の搏動は、特殊の場合を除き¹¹⁾、蛍光板上で肉眼的に識別することは不可能である。Marchal(1946)は、このような肺の末梢小血管の搏動も光電管を用いれば観察記録が可能であることを示し、その方法をCinedensigraphyと命名した⁴⁷⁾。Cine-は運動、変化を示し、densi-は密度、濃度を意味しており、適切な名称である。Cinedensigraphyについては、両MarchalとKourilskyによる詳細な研究がある^{35)~39)47)~52)65)}。彼等の研究によれば、Cinedensigraphyは原発性肺癌と転移性肺癌の鑑別を可能とし、また原発性肺癌の早期診断にも役立つと述べられている。さらにまた、Cinedensigraphyと前述のStatidensigraphyとを併用することによつて求めた左右各肺の機能係数が、Bronchspirometryによつて得られる酸素消費率ときわめてよく一致することが指摘されている。本邦におけるこの方面の研究の先駆者である野崎等(1959)⁵⁷⁾は、珪肺患者について蛍光輝度測定法により肺野明るさの搏動性変化を記録し、病期、病型により異つた波形の得られることを報告している。さらに、珪肺X線像における類似所見も肺野の搏動性からある程度の鑑別が可能であり、このことは他疾患にも適応しうるであろうと示唆している。Standertskjöld-Nordenstam(1965)⁶⁷⁾もMarchal等と同様のCinedensigraphy装置を用いて肺炎の経過を追及し、肺炎に罹患せる領域が著明な血流の減少と血管分布(Vascularity)の稀薄化を示すと述べている。そしてこの現象が、X線写真の上で陰影として認められる領域よりも広い範囲にわたつて観察され、しかも陰影の消褪後も数週ないし数カ月にわたつて存続することを指摘している点は興味深い。その他、肺の血流に由来する蛍光輝度変化をとりあげたものに、Kjellberg等(1950)³²⁾、Lissner(1958)⁴⁷⁾、Laws等(1965)⁴⁰⁾、Wegelius等(1965)⁹¹⁾、Heuck等(1965)²²⁾、Robinson(1967)⁶⁴⁾、小林等(1967)³⁴⁾等の研究がある。

以上X線学的肺機能検査法に関する近來の業績の展望を試みた訳であるが、放射線医学の一分野

である核医学の著しい発展に伴い、R.I.の肺機能検査への導入が試みられ、実用化されつつある。Knipping (1955)³³⁾が初めて R.I. (^{133}Xe) を局所肺換気機能の検査に応用して以来、West, Dollery 等 (1960) の ^{15}O を用いる方法³²⁾、Ball 等 (1962)⁹⁾ の ^{133}Xe を用いる方法に発展し、本邦でも上田等⁸¹⁾、金上等²⁹⁾が改良法について報告し、局所血流、換気さらに拡散が測定されるにいたっている。一方1963年 Taplin⁷⁷⁾ は大凝集アルブミン (macroaggregated albumin, MAA) を開発し、1964年 Wagner 等⁸⁶⁾によつて人肺スキャニングに用いられ、その臨床的有用性が証明された。放射性ガスを用いる方法は一応まだ研究途上にあるといえるが、 ^{131}I MAA による肺スキャニングはほとんど完成された方法である²⁸⁾。

2. Cinedensigraphy の基礎的問題

呼吸運動によるX線透過度の変化は大きく、星野等 (1964)²⁴⁾によれば、青年男子の右中肺野における平静呼吸が、水の厚さに換算して大約6mmの変化に匹敵するといわれている。これに対して肺の搏動性変化は小さく、Steiner 等 (1965)⁴⁰⁾は水の厚さで1~2mmの変化に相当すると述べている。このような蛍光輝度の微細な変化分を検出するためには、測定器の高感度および高安定性が要求されるだけでなく、照射X線自身の安定も重要である。しかし日常診療に用いられているX線装置および電源の安定度ははなはだ不十分であり、このままでは精度の良い測定はできない。野崎等 (1959)⁵⁷⁾は、この問題を解決するために、被検体のX線入射側と透過側とにおのおの1個の蛍光検出器 (光電子増倍管) を設け、両者の出力の差を比較増巾器によつて検出した。この装置により、従来の検出器1個を被検体透過側に用いた場合に比して、X線の変動の影響を数分の1に減少させることが可能になり、実用的には、普通のX線装置および電源を用いても安定な測定ができるようになった。梅垣等 (1962)⁸²⁾のX線走査キモグラフも、2個の検出器を用いて入射X線の変動による影響を除外している。小林等 (1967)⁸⁴⁾も、梅垣等と同様の装置で得られた波形をさらに電子計算機で処理することにより、呼吸曲線およ

び肺血管脈波の解析を試みている。

透過X線の強さは、吸収体の厚さに対して指数関係にある ($I=I_0e^{-\mu x}$) ので、得られた曲線の振巾から直接吸収体の変化量を知ることは理論的に不可能である。Steiner 等、梅垣等、星野等、小林等は、測定系に対数増巾器を使用して、吸収体の変化量と曲線の振巾との直線性を企図している。しかしながらこのような措置は、確かに呼吸性変動のような大きな変化分を検出する場合には便利と思われるが、微細な搏動性変化の検出にはあまり必要がない。このことはわれわれの基礎実験からも明白である。すなわち対数増巾装置を使用しなくとも、アクリル板の厚さ数mmまでの変化 (搏動性変化に相当) では、吸収体の変化量と曲線の振巾とがほぼ直線関係にあるとみなして良いからである。Laws等 (1965)⁴⁰⁾、Robinson (1967)⁶⁴⁾も呼吸性変化の記録には logarithmic amplifier を用いているが、搏動性変化の記録には linear amplifier を使用している。

光電増倍管の受光面は、われわれは便宜上2cm直径の円を選んだが、Marchal 等は5×20mmの矩形、Steiner 等は5cm直径の円を用いている。呼吸性変化の記録の場合と異なり⁵⁾²⁴⁾、受光面が小さくとも波形そのものにはあまり影響がないようである。

Cinedensigram の振巾は、単に肺血管の搏動の大きさだけでなく、当然のことながら、光電管に達するX線量によつても左右されてくる。すなわち同じ程度の搏動性変化でも、胸廓の状態等によつて波形の振巾は影響される。このことはわれわれの基礎実験で、同じ厚みのアクリル板の変動 (搏動変化に相当) が、水フアントム (被検体に相当) の厚さが増すにつれてその振巾を減じたことから明らかである。したがって得られた曲線の振巾から搏動性変化の強弱を知るには、較正が必要になる。Marchal 等は、X線自身のパルス (50cpsまたは100cps) を除去するフィルターを増巾器と記録計の間におき、これを断続することにより、パルス形を含む曲線 (巾広い带状となる) と含まない曲線とを連続して記録し、両者の波形の振巾から搏動係数 (Pulsation index) を求

めている。この搏動係数は、被検体のX線密度が変つても（水の厚さで6cm～12cmの範囲で）、それによつて影響を受けないことが実験的に知られている⁹¹⁾。すなわち搏動係数を求めることにより、被検体のX線密度とは無関係に局所肺の搏動性変化の程度を知ることができるとされている。われわれは、被検体のX線密度に対する搏動振巾の較正は特に行なわなかつた。しかしながら正常例で左右中肺野の搏動振巾を比較すると、それぞれの波高値の和に対する左右差の比率はたかだか15%、大部分10%以下であり（Table 1）、この差は、被検部位の選定を厳密にすることによりさらに減少するものと考えられる。一方片側性肺疾患例えば肺門型肺癌では、著明な左右差が認められた（Table 3）。また乳癌根治手術後のように胸壁軟部組織に明らかな左右差のある場合でも、それによる搏動振巾の左右差はごく軽度である（Table 2）。これらのことから、左右対応する肺野の搏動を比較することにより、特に搏動振巾の較正を行なわなくとも局所肺搏動の程度を推測しうるものと考えられる。

3. Cinedensigraphy の臨床的応用

当教室において開発試作された Cinedensigraphy 装置によつて、局所肺の血流動態を簡便に知りうることは、正常例、肺癌、放射線肺線維症等における記録、肺シンチグラムならびに肺動脈造影所見との対比からも明らかであろう。

肺門型肺癌7例では、患側肺の搏動性変化の欠除ないし著明な減弱がみられた。肺癌に罹患せる肺葉に虚血の生ずることは、すでに Guarini (1933)¹⁹⁾、Ameuille u. Hinault (1937)¹⁾ 等が肺動脈造影像から報告している¹⁸⁾。Dotter 等 (1950)¹⁴⁾ は原発性肺癌53例に心臓血管造影を行なつた成績から、肺癌の肺血管におよぼす影響はしばしば特異的であり、血管造影の所見より癌の侵襲範囲については手術可能性 (Surgical resectability) を判断しうると述べている。その他にも、肺癌における血液循環の変化を心臓血管造影の立場からとりあげた論文は数多いが²⁾(68)～70)、それらは主として肺癌の手術適応を決定するための基準について論じたものである。一方 Kourilsky 等

(1952)⁵²⁾ は、Cinedensigraphy の立場から肺癌における肺動脈搏動の変化を検べている。彼等によれば、原発性肺癌40例、転移性肺癌5例の検査成績から、原発性肺癌では多くの場合腫瘍周辺の広汎な領域で搏動の減退がみられるのに対して、転移性肺腫瘍では著しく大きくならないかぎり搏動の減退はみられないと報告されている。原発性肺癌の支配血管が気管支動脈であり⁸⁰⁾(85)(93)(94)、転移性肺腫瘍のそれが肺動脈であること⁵³⁾と関連して興味深い。また Ravina 等 (1953)⁶²⁾ は、Cinedensigraphy で搏動の消失を認め悪性腫瘍が疑われたが、通常のX線検査、気管支鏡検査、喀痰細胞診でいずれも悪性変化の証明されなかつた5例が、経過観察により悪性腫瘍と判明したことを報告し、Cinedensigraphy が肺癌の早期診断にも意義のあることを示唆している。Lissner (1958)⁴⁸⁾ も、Electrokymography 装置で肺末梢の搏動性変化を記録（正常200例、肺癌80例）し、肺癌では侵された気管支ないし血管の支配領域で搏動が欠除すると述べ、しかもこの所見は他にX線所見の明らかでない場合にも認められ、肺癌の早期診断に資する可能性のあることを示唆している。

肺癌における肺血流シンチグラムは、X線写真から推測される拡がりよりも一般に広汎な血流の低下を示すとされている²⁷⁾(87)。また Ernst 等 (1965)¹⁵⁾、Oeser 等 (1966)⁶⁰⁾、Leb 等 (1968)⁴¹⁾ は、肺シンチグラフィーが肺癌の早期発見の有力な手段となると報告している。Vassello 等 (1968)⁸⁴⁾ は、肺門型肺癌について肺血流シンチグラムと肺血管造影像とを対比検討し、多くの例で両者の所見が比較的良好な一致を示したと述べている。

ところで肺癌の場合にみられるこのような広汎な循環障害は、いかなる原因によつて生ずるのであろうか。Vassello 等 (1968)⁸⁴⁾ によれば、原因は必ずしも明白ではないが、次に挙げる5つの機序が可能性として考えられるとしている。すなわち、(1) 肺動脈の大きな分枝が、癌の浸潤ないし圧迫によつて閉塞する。(2) 血管造影像では認知し難い程度の小血管の閉塞。(3) 気管支内腔の狭窄等によつて局所的な低換気が生じ、

それが反射的な Vaso-Constriction の原因となつて¹⁶⁾⁴⁴⁾、循環障害をおこす。(4) 肺静脈への著明な癌浸潤。(5) 気管支動脈と肺動脈の間の短絡形成。症例12 (Fig. 23) が示すごとく、X線写真では充分換気の保たれていると考えられる領域でも、搏動の著明な減弱をみることがある。このような局所肺血流、換気異常のアンバランスの原因として上記の機序が考えられるわけである。

肺に対する放射線照射によつて放射線肺炎ないし放射線肺線維症の発生することは、肺癌や食道癌に対する放射線治療または乳癌術後照射に際してしばしば経験されるところである⁸⁹⁾⁷²⁾。乳癌術後照射による放射線肺線維症の肺機能について、亘理 (1960)⁹⁰⁾は全肺容量の減少、換気障害、血管の絶対面積および伸展性の減少に伴う静脈血の動脈血化の低下、肺高血圧およびこれに基因する肺性心または循環不全等を認めるとしている。われわれは、拡がりや程度の異なる放射線肺線維症7例の Cinedensigram で、患側肺における軽度ないし中等度の搏動性変化の減弱と波形の台地状化を認めた。田岡 (1965)⁷⁶⁾は乳癌術後照射における肺機能の変化を検べ、肺機能低下の本質は照射局所の気腫性変化と換気量の減少であり、これは照射による肺組織の瘢痕化に基因すると述べている。Teates (1968)⁷⁸⁾は動物実験の成績から、X線写真で放射線肺炎の所見が明らかに認められる時期にはすでに患側肺の血流は減少しており、しかも肺炎から肺線維症に移行しても血流減少の程度は不変であると報告している。また本症における循環障害の原因は一様でなく、放射線肺炎の時期には Vaso-Constriction が関与し、後期の線維症の時期では、血管の狭窄または閉塞が主因をなすものであろうと述べている。

われわれは、正常例、肺癌例等を対象にして、同一人に時期を同じくして検査して得られた Cinedensigram と肺血流シンチグラムとを相互に比較検討した結果、両者の所見がきわめて良く一致することを知つた。肺血管は小動脈、毛細血管、小静脈を含めていずれも搏動性であるとされており¹²⁾⁴²⁾、したがつて Cinedensigraphy でとらえているものは、光電管受光面を底とする放射円錐

中に含まれるこれら全ての血管の搏動に由来するX線密度変化の総和である。一方肺シンチグラフィは静脈内に注入された¹³¹I MAA 粒子が局所への肺血流量に応じて肺毛細管に捕捉される状態を描記するものであり⁸⁶⁾、Cinedensigram と肺シンチグラムの所見が相対応することはむしろ当然であろう。Cinedensigram は、肺シンチグラムのような形態像の示現は伴わないが、透視の際に被検肺野の部位を記載しておくことにより、局所肺循環動態を巨視的にとらえることが可能である。また高価なR.I.や走査装置を必要とせず、どこの医療機関にも普及しているX線透視装置に光電子増倍管と記録計を設置するだけで、安価に、しかも安全かつ容易に操作しうるので、日常の肺機能検査法の一つとして充分利用価値があるものと考えている。

肺シンチグラフィの肺癌早期発見における意義については異論もあり⁶³⁾、また Ravina 等 (1953)⁶²⁾の指摘せるごとく Cinedensigraphy が肺癌の早期診断に資するかどうかは、今後さらに豊富な臨床例について検討する必要がある。また各種心肺疾患における肺血管の変化についてはまだ未解決の問題も多く²⁶⁾⁵⁴⁾、生体における観察 (血管撮影、肺シンチグラフィ、Cinedensigraphy 等) だけでなく、剖検肺や手術別出肺についてのX線撮影、病理組織学的検索も必要であることは論をまたない。

VI. 結 語

(1) 蛍光輝度測定法による肺の搏動性変化の記録装置を試作した。これは Marchal 等の Cinedensigraphy とは、X線パルス波形を記録しない点、比較増巾器を使用したこと、また記録に熱ペン式直記計を用いた点などで異つてはいるが、肺の搏動によるX線密度変化を光電的に記録する点では同じなので Cinedensigraphy の名称を用いた。

(2) 基礎的な実験から、肺の搏動性変化に匹敵するX線密度変化を充分な感度ならびに精度 (S/N 比10以上) で記録しうることが判明した。

(3) 光電管受光面は2cm直径の円とし、被検部位は原則として左右各肺野の長軸中央線上で上

中下肺野の合計6カ所を選択した。正常者15例(成人男子12例, 女子3例)の左右中肺野のCinedensigramについてその搏動振巾の左右差をみると, 左右の振巾の和のたかだか15%, 大部分は10%以下であつた。また乳癌根治手術後で呼吸循環系に異常のない8例について, 左右中肺野の搏動振巾を比較すると, 一般に手術側の振巾がやや大きい傾向がみられた。これは手術による胸壁軟部組織の左右差に基因するものと考えられる。

(4) 肺門型肺癌7例では, 患側肺の搏動性変化の欠除ないし著明な減弱がみられた。また乳癌術後照射によつて生じた放射線肺線維症7例では, 患側肺の搏動性変化の軽度ないし中等度の減弱と波形の台地状化の所見がみられた。このようなCinedensigramの変化をもたらし機序について, 若干の考察を加えた。

(5) 正常例, 肺癌例等合計6例を対象とし, ^{131}I MAAによる肺シンチグラフィとCinedensigramを同一時期に施行して比較検討した結果, 両者の所見はきわめて良く対応した。Cinedensigramは形態像の示現は伴わないが, 局所肺血流動態を巨視的にとらえることが可能である。

(6) CinedensigramはX線透視装置に光電増倍管と記録計とを備えるだけで, 安価に, しかも安全かつ容易に操作しうるので, 日常の肺機能検査法の一つとして充分に利用価値がある。

(本論文要旨の一部は, 第34回日本医学放射線学会北日本地方会, 昭42. 6. 24, 仙台, 第27回日本医学放射線学会総会, 昭43. 4. 9, 京都, 並びに第8回日本胸部疾患学会総会, 昭43. 7. 11, 名古屋, においてそれぞれ部分的に発表した)。

(終りに, 本論文のテーマを頂き, 終始御指導頂いた野崎秀英名誉教授, 御校閲頂いた主任北畠隆教授並びに技術面で御指導頂いた新潟大学工学部, 小柳孝己教授に深甚の謝意を表します。又適切な助言と御協力を頂いた古屋儀郎助教授をはじめ教室内外の諸先輩並びに肺シンチグラフィの面で御協力頂いた県立ガンセンター新潟病院放射線科に厚く御礼申し上げます)。

文 献

- 1) Ameuille, P., et Hinault, V.: Les artériographies pulmonaires, Arch. Elect. méd. 45 (1937), 136—142. 13) より引用。
- 2) Amundsen, P. and Sørensen, E.: Angiocardiography in intrathoracic tumors with particular reference to the question of operability, Acta radiol. 45 (1956), 185—198.
- 3) Andrews, A.H., Jensik, R. and Pfisterer, W. H.: Fluoroscopic pulmonary densiography, Dis. Chest 35 (1959), 117—126.
- 4) Angerstein, W.: Lungenfunktionsprüfung mit Röntgenstrahlung I. Allgemeine Grundlagen und Prüfung der Lungenventilation, Fortschr. Röntgenstr., 101 (1964), 583—591.
- 5) Angerstein, W.: Lungenfunktionsprüfung mit Röntgenstrahlung II. Fragen der Methodik und der Reproduzierbarkeit der Ergebnisse, Fortschr. Röntgenstr. 106 (1967), 848—853.
- 6) 青木広, 河村一太, 安田有孝他: Fluoropiograph (透視曲線描記装置) による左右別換気機能の測定, 日本胸部臨床, 27 (1968), 587—592.
- 7) Aslett, E.A., Hart, P.D.A. and McMichael, J.: The lung volume and its subdivisions in normal males, Proc. Roy. Soc., London, S.B. 126 (1939), 502—528.
- 8) Autio, V.: Bronchspirometric studies relating to a radiographic method for determining differential vital capacity, Acta Med. Scand. suppl. 329 (1957).
- 9) Ball, W.C.Jr., Stewart, P.B., Newsham, L. G.S. and Bates, D.V.: Regional pulmonary function studied with xenon-133, J. Clin. Invest. 41 (1962), 519—531.
- 10) Barnhard, H.J., Pierce, J.A., Joyce, J.W.: Roentgenographic determination of total lung capacity, Am. J. Med. 28 (1960), 51—60.
- 11) Campbell, M.: Visible pulsations in relation to blood flow and pressure in the pulmonary artery, Brit. Heart J. 13 (1951), 438—456.
- 12) Chrispin, A.R., and Steiner, R.E.: Pulsatile flow in the pulmonary circulation, a cinefluoroscopic study, Brit. Heart J. 26 (1964), 592—599.
- 13) Diethelm, L., Olsson, O., Strnad, F. et al.: Handbuch der med. Radiologie, Bd IX/3, p. 657. Springer-Verlag, Berlin, 1968.
- 14) Dotter, C.T., Steinberg, I., Crampton, W. and Holman, C.W.: Lung cancer operability, angiographic study of fifty-three consecutive proved cases of lung cancer, Am. J. Roentgenol. 64 (1950), 222—238.
- 15) Ernst, H., Bräuer, B. und Meißner, G.: Szintigraphische Untersuchungen bei Lungentumoren, Fortschr. Röntgenstr. 102 (1965), 545—547.

- 16) Euler, U.S. Von and Liljestrand, G.: Observations on the pulmonary arterial blood pressure in the cat, *Acta physiol. scand.* 12 (1947), 301—320.
- 17) Fleischner, F.G., Romano, F.J. and Luisada, A.A.: Studies of fluorocardiography in normal subjects, *Proc. Soc. Exper. Biol. & Med.* 67 (1948), 535—539.
- 18) Gerhardt, K.P., Butter, U., Gursky, S. und Tietze, D.: Eine Methode zur röntgenologischen Lungenfunktionsprüfung, *Fortschr. Röntgenstr.* 105 (1966), 899—900.
- 19) Guarini, C.: L'angiopneumografia, *Rinasc. med. (Napoli)* 10 (1933), 561—562.13) より引用.
- 20) Haubrich, R.: Der heutige Stand der Elektrokymographie, *Ergebn. inn. Med. Kinderheilk. N.F.* 6 (1955), 640—694.
- 21) Henny, D.C. and Boone, B.R.: Electroky-mography for recording heart motion utilizing the roentgenoscope, *Am. J. Roentgenol.* 54 (1945), 217—229.
- 22) Heuck, F. und Vanselow, K.: Experimentelle Untersuchungen zur quantitativen Bestimmung des Wasser-Luft-Verhältnisses und des relativen Durchblutungsvolumens des Lungengewebes, *Fortschr. Röntgenstr.* 103 (1965), 271—283.
- 23) 星野文彦, 磯部寛: X線テレビ第Ⅲ報肺機能検査への応用, *日本医放会誌.* 23 (1964), 1234—1240.
- 24) 星野文彦, 上村和夫, 山口昂一: X線テレビ第Ⅳ報X線呼吸曲線(第1報) 正常例, *日本医放会誌.* 23 (1964), 1208—1218.
- 25) 星野文彦, 上村和夫, 山口昂一: X線テレビ第Ⅴ報X線呼吸曲線(第2報) 臨床例, *日本医放会誌.* 23 (1964), 1219—1228.
- 26) Jacobson, G. Turner, A.F., Balchum, O.J. and Jung, R.: Vascular changes in pulmonary emphysema, *Am. J. Roentgenol.* 100 (1967), 374—396.
- 27) Johnson, P.M., Sagerman, R.H. and Jacox, H.W.: Changes in pulmonary arterial perfusion due to intrathoracic neoplasia and irradiation of the lung, *Am. J. Roentgenol.* 102 (1968), 637—644.
- 28) 寛弘毅, 入江英雄, 平松博: 臨床核医学, P139, 朝倉書店, 東京, 1967.
- 29) 金上晴夫, 桂敏樹, 永島暉也: ラジオアイソトープの肺機能検査への応用—とくに局所的肺機能測定について—, *Radioisotopes*, 15(1966), 94—102.
- 30) 菊地章: 肺放射線症に関する研究(第1編) 術後乳癌レ線照射療法後の発症率並びに各種因子との相関関係について, *日本医放会誌.* 21 (1962), 1030—1046.
- 31) 菊地章: 肺放射線症に関する研究(第2編) 臨床並びにレ線学的研究, *日本医放会誌.* 21 (1962), 1047—1074.
- 32) Kjellberg, S.R., Rudhe, U. and Sjöstrand, T.: Recording of x-ray absorption by the lungs with changes in the pulmonary blood contents, *Acta physiol. scand.* 20 (1950), 166—171.
- 33) Knipping, H.W., Bolt, W., Venrath, H. et al.: Eine neue Methode zur Prüfung der Herz- und Lungenfunktion, *Dtsch. Med. Wschr.* 80 (1955), 1146—1147.
- 34) 小林敏雄, 滝沢正臣: 電子計算機の胸部X線診断への応用—肺紋理の機能的把握—, *日本医事新報.* 2275 (1967), 12—16.
- 35) Kourilsky, R. et Marchal, M.: L'exploration cinédensigraphique de la circulation artérielle intrathoracique, *Ann. de Méd.* 53 (1952), 217—274.
- 36) Kourilsky, R., Marchal, M. et Decois, M.: La détection par la cinédensigraphie des troubles de la pulsation artérielle pulmonaire dans les cancers broncho-pulmonaires, *J. franç. méd. et chir. thorac.* 6 (1952), 297—305.
- 37) Kourilsky, R. and Marchal, M.: Cinédensigraphic study of the pulmonary arterial circulation in different pathologic affection of the lung and mediastinum, *J. franç. méd. et chir. thorac.* 7 (1953), 113—125. Abstract in *Radiology* 61(1953), 961. より引用.
- 38) Kourilsky, R., Marchal, M. and Marchal, M.T.: A new method of functional x-ray exploration of the lungs, photoelectric static densigraphy, *Dis. Chest* 42 (1962), 345—358.
- 39) Kourilsky, R., Marchal, M. and Marchal, M.T.: Recording respiratory function by x-rays, basic principles, *Thorax* 20 (1965), 428—434.
- 40) Laws, J.W. and Steiner, R.E.: X-ray densitometry in the study of pulmonary ventilation and the pulmonary circulation, *Brit. J. Radiol.* 38 (1965), 512—519.
- 41) Leb, G., Eber, O. und Wascher, H.: Untersuchungen über die Durchblutungsverhältnisse der Lunge bei Lungentumoren, *Der Radiologe* 8 (1968), 33—37.
- 42) Lee, G. de J. and DuBois, A.B.: Pulmonary capillary blood flow in man, *J. clin. Invest.* 34 (1955), 1380—1390.
- 43) Lissner, J.: Das Verhalten der Lungenge-

- fäße beim Bronchialkarzinom, Fortschr. Röntgenstr. 89 (1958), 534—544.
- 44) Lopez-Majano, V., Wagner, H.N., Twining, R.H. et al.: Effect of regional hypoxia on the distribution of pulmonary blood flow in man, *Circulation Research* 18 (1966), 550—557.
 - 45) Luisada, A.A., Fleischner, F.G. and Rappaport, M.B.: Fluorocardiography (Electrokymography) I. Technical aspects, *Am. Heart J.* 35 (1948), 336—347.
 - 46) Luisada, A.A., Fleischner, F.G. and Rappaport, M.B.: Fluorocardiography (Electrokymography) II. Observations on normal subjects, *Am. Heart J.* 35 (1948), 348—367.
 - 47) Marchal, M.: De l'enregistrement des phénomènes radiologiques invisibles et, en particulier, de pulsations des artérioles pulmonaires. *Cinédensigraphie*, C.R. Acad. Sciences 222 (1946), 973—976.
 - 48) Marchal, M. et Marchal, M.T.: Nouvelle méthode de cinédensigraphie étalonée permettant le diagnostic différentiel du cancer du poumon, C. R. Acad. Sciences 233(1951), 458—460.
 - 49) Marchal, M.: Le pouls du poumon normal et pathologique, *J. franç. de méd. et chir. thorac.* 6 (1952), 367—374.
 - 50) Marchal, M.: La ciné-densigraphie et l'exploration des tumeurs du poumon, *Presse med.* 61 (1953), 1734—1736.
 - 51) Marchal, M., Marchal, M.T. und Kourilsky, R.: Aufzeichnung von Lungenkreislauf und Lungenventilation mittels photoelektrischer Zellen während der Röntgendurchleuchtung, *Münch. Med. Wschr.* 105(1963), 1539—1546.
 - 52) Marchal, M.: Contributions recentes a l'enregistrement etaloné des pulsations microvasculaires, de la circulation et de la ventilation des poumons par cellules photo-electriques, *Progress in Radiology* vol. 1, p. 188—197. Symposia and invited papers presented at the XI th international congress of radiology, Rome, 1965.
 - 53) Miller, B.J. and Rosenbaum, A.S.: The vascular supply to metastatic tumors of the lung, *Surg. Gynec. Obstet.* 125 (1967), 1009—1012.
 - 54) Milne, E.N.C.: Circulation of primary and metastatic pulmonary neoplasms, *Am. J. Roentgenol.* 100 (1967), 603—619.
 - 55) 峰木照夫: 肺野明るさ並びにその呼吸性変化に関する研究 第1報正常人並びに患肺に於ける成績, 日本医放会誌, 19 (1959), 1926—1940.
 - 56) 三浦孝文: X線学的肺機能検査法についての研究 (Densoplanigraphy), 日本医放会誌, 22 (1962), 250—277.
 - 57) 野崎秀英, 小柳孝己, 沢田豊, 峰木照夫: 肺の機能的X線検査法—螢光輝度測定法による機能検査法—, 昭和34年度文部省研究報告集録.
 - 58) 野崎秀英, 小柳孝己, 沢田豊: 肺の機能的X線検査法—螢光輝度測定法 (Cinedensigraphie) の研究, 昭和35年度文部省研究報告集録.
 - 59) Oderr, C.: Air trapping, pulmonary insufficiency and fluorodensimetry, *Am. J. Roentgenol.* 92 (1964), 501—512.
 - 60) Oeser, H. und Ernst, H.: Die Lungenszintigraphie als Mittel zur Früherkennung des Lungenkrebses, *Dtsch. Med. Wschr.* 91 (1966), 333—350.
 - 61) 小田和金重: 左右別肺活量のX線学的算出法. *新潟医学誌*, 73 (1959), 202—214.
 - 62) Ravina, A., Marchal, M. et Pestel, M.: La cine-densigraphie et l'exploration des tumeurs du poumon, *Presse med.* 61 (1953), 1736—1737.
 - 63) Rink, H., 人見滋樹: 肺シンチグラフィの肺癌の早期診断における意義, 日本胸部臨床. 27 (1963), 83—90.
 - 64) Robinson, A.: Physical aspects of x-ray pulmonary densitometry, *Br. J. Radiol.* 40 (1967), 905—912.
 - 65) Scheer, R.: Die Cinédensigraphie, eine photoelektrische Method zur Differentialdiagnose des Lungenkarzinoms, *Die Medizinische* 11 (1958), 422—429.
 - 66) Small, M.J., Miller, W.N., Leiner, G.C. et al.: Clinical aspects of radiopulmonography, *J.A.M.A.* 181 (1962), 884—888.
 - 67) Standertskjöld-Nordenstam, C.G.: The pulmonary circulation during pneumonia, a cinédensigraphic study, *Acta radiol. suppl.* 239 (1965). Abstract in *Radiology* 87 (1966), 780—781. より引用.
 - 68) Steinberg, I. and Robb, G.P.: Mediastinal and hilar angiography in pulmonary disease, *Am. Rev. Tuberc.* 38 (1938), 557—569.
 - 69) Steinberg, I. and Dotter, C.H.T.: Lung cancer, angiographic findings in one hundred consecutive proved cases, *Arch. Surg.* 64 (1952), 10—19.
 - 70) Steinberg, I. and Finby, N.: Great vessel involvement in lung cancer, angiographic report on 250 consecutive proved cases, *Am. J. Roentgenol.* 81 (1959), 807—818.
 - 71) Steiner, R.E., Laws, J.W., Gilbert, J. and McDonnell, M.J.: Radiological lung fun-

- ction studies, *Lancet* 2 (1960), 1051—1055.
- 72) 立川信三：人材料における放射線肺炎及び実験的放射線肺炎の研究, *新潟医学誌*, 82 (1963) 394—417.
- 73) 高橋雅俊, 早田義博：レ線写真による左右別肺容積の新測定法, *胸部外科*, 4 (1953), 505—508.
- 74) 滝沢正臣, 梅垣洋一郎：定量的X線診断法の研究, *フィルム計測法の肺機能検査への応用*, *日本医放会誌*, 25 (1965), 169—186.
- 75) 滝沢正臣, 梅垣洋一郎：定量的X線診断法の研究, 第2報フィルム計測法による肺換気量のカラ表示, *日本医放会誌*, 26 (1967), 1277—1280.
- 76) 田岡忠弘：X線学的肺機能についての研究, 乳癌術後照射による肺機能の変化, *日本医放会誌*, 24 (1965), 1242—1254.
- 77) Taplin, G.V. et al.: Colloidal radioalbumin aggregates for organ scanning, Scientific exhibit, 10th Annual Meeting of Society of Nuclear Medicine, June 26—29, 1963, Montreal, Canada..
- 78) Teates, C.D.: The effects of unilateral thoracic irradiation on pulmonary blood flow, *Am. J. Roentgenol.* 102 (1968), 875—882.
- 79) 戸塚忠政, 溝上長男：X線走査キモグラフィによる肺機能検査並びに肺気腫の研究, *臨牀放射線*, 7 (1962), 642—652.
- 80) 坪郷義崇, 竹中栄一, 蜂屋順一他：選択的気管支動脈撮影像の見方, *臨牀放射線*, 13 (1968), 665—677.
- 81) 上田英雄, 旗野脩一, 飯尾正広他：肺の局所換気・血流異常の測定と臨床, *日本臨牀*, 24 (1966), 862—872.
- 82) 梅垣洋一郎, 丸山清, 坂本良雄他：X線走査キモグラフについて, *臨牀放射線*, 7 (1962), 275—286.
- 83) 梅垣洋一郎：定量的X線診断, *最新医学*, 22 (1967), 766—777.
- 84) Vassallo, C.L., Gee, J.B.L., Wholey, M.H. and Vester, J.W.: Lung scanning in hilar bronchogenic carcinoma, *Am. Rev. Resp. Dis.* 97 (1968), 851—858.
- 85) Viamonte, M.: Selective bronchial arteriography in man, preliminary report, *Radiology* 83 (1964), 830—839.
- 86) Wagner, H.N., Jr., Sabiston, D.C., Iio, M. and McAfee, J.G.: Regional pulmonary blood flow in man by radioisotope scanning, *J.A.M.A.* 187 (1964), 601—603.
- 87) Wagner, H.N., Jr., Lopez-Majano, V. and Tow, D.E.: Radioisotope scanning of lungs in early diagnosis of bronchogenic carcinoma, *Lancet* 1 (1965), 344—344.
- 88) 渡辺長盛：間接断続撮影並びにその健康人呼吸性変化のX線学的検討への応用第2報健康人胸部呼吸性変化のX線学的研究, *日本医放会誌*, 22 (1962), 237—249.
- 89) 渡辺克司, 岡崎正道, 竹下寿七他：乳癌の術後照射後の肺障害について, *日本医放会誌*, 28 (1968), 392—399.
- 90) 亘理勉：放射線肺線維症について, *医学のあゆみ*, 32 (1960), 425—433.
- 91) Wegelius, C. and Berggårdh, J.: Factors influencing the radiographic recording of haemodynamics by cineradiography, *Progress in Radiology* vol. 1, p.56—64, Symposia and invited papers presented at the XI-th international congress of radiology, Rome, Sept. 1965.
- 92) West, J.B. and Dollery, C.T.: Distribution of blood flow and ventilation-perfusion ratio in lung with radioactive CO_2 , *J. Appl. Physiol.* 15 (1960), 405—410.
- 93) Wood, D.A. and Miller, M.: The role of the dual pulmonary circulation in various pathologic conditions of the lungs, *J. Thor. Surg.* 7 (1933), 649—670.
- 94) Wright, R.D.: The blood supply of abnormal tissues in lungs, *J. Path. & Bact.* 47 (1938), 489—499.