

局所肺機能の研究

第二編 フィルム走査法による左右肺活量比の測定

昭和41年11月10日 受付

信州大学医学部戸塚内科学教室

(主任: 戸塚忠政教授)

溝 上 登 一

Studies on Regional Pulmonary Function

Part 2. Measurement of Ratio of Right to Left Vital Capacity by Film Scanning Method

Noboru Mizoue

Department of Internal Medicine, Faculty of Medicine,

Shinshu University

(Director: Prof. T. Tozuka)

I 緒 論

近年、肺機能検査は長足の進歩を遂げてきたが、これらは主として肺全体の機能を知る方法である。局所肺の機能を知る方法は1932年 Jacobaeus^①らが気管支鏡を用いて気管支肺容量を測定して以来、著しい進歩の跡はみられない。1949年 Carlens^②が Jacobaeus らの用いた気管支鏡にかえて2腔を有するゴム製のカテーテルを使用する方法を開発したが、この方法が現在もお主流をなしている状態である。しかし局所的に肺機能の障害され易い疾患、たとえば肺癌、肺結核、気管支拡張症等において局所の肺機能を知ることが、臨床的に非常に有意義であり、欠くことのできない重要な要素である。また気管支喘息、慢性気管支炎、慢性肺気腫などは従来瀰漫性に肺機能が障害される疾患として考えられていたが、これらの疾患についても最近局所的な肺機能の障害が推定されるようになり、本症の診断にはもとより病態生理の解明にも局所肺機能の把握は重要視されるにいたつた。患者に及ぼす侵襲の大きい気管支カテーテル法にかわるべき方法として Hurtadoら^③に始まる胸部X線写真の計測に基づく方法、Knipping^④らに始まる放射性ガスを用いる方法、呼吸により変化する螢光板の輝度を電氣的に記録する Steiner^⑤、Small^⑥、Marchal^⑦らの方法が開発、改良されてきている。しかしこれらの方法は局所肺の機能を推知するには秀れているが、定量的に知ろうとするには欠陥がある。X線走査キモグラフィによる方法は梅垣・滝沢^⑧らにより考案され、戸塚^⑨、溝上^⑩らにより局所肺機能の定量的測定に応用された。しかしこの方法は局所肺の定量的測定という

点では Steiner, Marchal らの方法に一歩先んじていると思われるが比較的広範囲、例えば左肺全体、或いは右肺全体としての機能を知らんとするには不適當と思われる。そこで著者らは梅垣・滝沢^⑧らにより考案されたフィルム走査法の精度及び有用性に関し、既報の如く一応認め得たが、今回は左右肺活量比を測定して検討を行つたので、その成績を報告する。

II 方 法

深吸気、深呼気時に撮影した2枚の胸部レ線写真からフィルム走査法により左右肺活量比を求め、この値と Carlens 氏カテーテルを用いて経気管支的に実測した左右肺活量比とを比較検討した。

1. フィルム走査法

装置及び原理はブロックダイアグラムに示す如くで詳細は既に第1編で述べた通りである。深吸気時と深呼気時に撮影された2枚のフィルムを脊椎の位置で合わせ、各々のフィルムに別々に一定の光を当て透過した光を1×2mmのスリットを通して光電増倍管で電氣的に変換し、フィルム特性補正増巾器をもつてフィルム曝射線量の吸収に相当する水の厚みに換算し、差動増巾器でその差を出し、この値を全肺野にわたり走査積算する装置である。

2. フィルム撮影条件

フィルムは富士PX、増感紙は極光FSを使用し、撮影は島津産儀号蓄放式撮影装置で深吸気と深呼気時に同一条件で行い、Kodak M-S 自動現像装置で現像した。

3. 走査方法

Fig. 1 に示す如く左右方向に上肺野より順次下肺野

まで右肺野全体を走査して右肺のフィルム走査曲線を得、さらに左肺を同様に走査して左肺のフィルム走査曲線を得、左右肺夫々につき曲線と基線で囲まれる部位の面積をプランメーターで測定し、左右肺の面積比を出し、左右肺活量比とした。

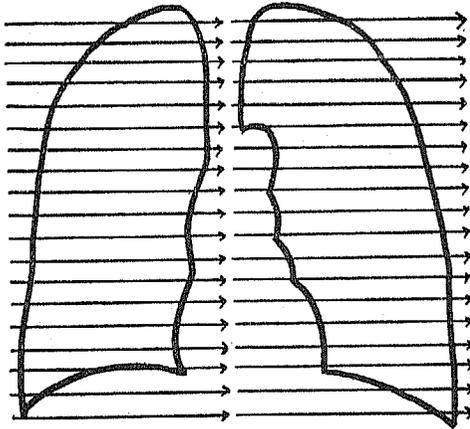


Fig. 1 Scanning method of chest roentgenogram

4. 全肺及び左右別肺活量の測定

Godalt-Pulmotest を使用し、気管支カテーテルは Carlens 氏カテーテルを使用した。

5. Carlens 氏カテーテルの気管内挿入

挿管に先立ち、4% キシロカイン 4cc の咽頭噴霧麻酔を行い、更に 2cc を気管内に注入し、カテーテルにキシロカインゼリーを塗布して行つた。

III 対 象

被検者は肺結核 7 例、肺膿瘍 4 例、気管支拡張症 3 例、肺癌 2 例、肋膜肺腫 2 例、肋膜炎 2 例、気管支喘息 1 例、慢性気管支炎 1 例、その他 6 例を選び全例にフィルム走査法と経気管支的左右別肺活量の測定及びスパイロメーターによる肺活量の測定を行つた。(Table 1)

IV 成 績

症例 1 (症例番号 24) M. K., 29才, 男,

臨床診断: 血管神経症

胸部X線写真は Fig. 2 に示す如く異常所見を認めない。肺機能検査は Table 1 にみられる如く肺活量 4630ml, 一秒率96%で正常である。Carlens 氏カテーテルによる左右別肺活量は右が2180ml, 左が2370ml であり (Table 1), 右: 左は48: 52 である (Table

2)。フィルム走査法により得られた曲線は Fig. 3 に示し、右肺と左肺の面積比は45: 55である (Table 2)。両者略一致した値を示している。

症例 2 (症例番号 2) S. T., 45才, 男,

臨床診断: 肺結核症

胸部X線写真は Fig. 4 に示し、肺機能検査は肺活量2480ml, 一秒率75%である。気管支カテーテルによる左右別肺活量は右が1490ml, 左が940ml (Table 1) でその比は61: 39である (Table 2)。フィルム走査曲線は Fig. 5 に示し、右肺と左肺の面積比は65: 35 で左右肺活量比の実測値と略近似した値を示している。

症例 3 (症例番号 5) Z. A., 32才, 男,

臨床診断: 肺結核症

胸部X線写真は Fig. 6 に示し、肺機能検査は肺活量が1410mlと減少し、一秒率が80%である (Table 1)。左右別肺活量は Table 1 に示す如く、右が1050ml, 左が280ml でその比は78: 22である (Table 2)。フィルム走査曲線は Fig. 7 に示し、右肺と左肺の面積比は78: 22 (Table 2) で左右肺活量比の実測値と一致している。

症例 4 (症例番号 16) I. Y., 59才, 男,

臨床診断: 肺 癌

Fig. 8 に胸部X線写真を示す。肺活量は2930ml, 一秒率81% (Table 1) で左右別肺活量は右が1310ml, 左が1550ml と右が減少し (Table 1), その比は45: 55 である (Table 2)。フィルム走査曲線は Fig. 9 に示す如くで右肺と左肺の面積比は45: 55 (Table 2) と左右肺活量比の実測値と一致している。

以上、Carlens 氏カテーテルにより測定した左右肺活量比とフィルム走査法による左右肺活量比を実例を挙げて検討したが、両者の間に比較的密接な相関性が認められるので、次にその点について統計的な観察を加えた。

検査対象は左(右)肺に種々なる程度の肺機能障害のある胸部諸疾患22例と肺に異常のないもの4例、合計26例を選んで、フィルム走査法と経気管支的方法による左右肺活量比を測定した。胸部諸疾患の内容は Table 1 に示す如くで、右肺に高度の肺機能障害のあるもの(症例3, 19), 左肺に高度の肺機能障害のあるもの(症例1, 2, 4, 5, 12, 20), 両肺に高度の肺機能障害のあるもの(15, 18)がみられる。

以上26例について経気管支的方法により実測した左右別肺活量及びその左右比と、フィルム走査法により測定した左右肺活量比を Table 2 に示した。左右肺活量比は19: 81と右肺活量の高度の減少を示すもの

Table 1. Vital Capacity and Bronchspirometric Vital Capacity

Case Numbers	Subjects	Age	Sex	Diagnosis	V C	Bronchspirometric Vital capacity		T V C
						Right	Left	
1	T. N.	29	♂	Pulmonary Tuberculosis	1610	1690	870	72
2	S. T.	45	♂	Pulmonary Tuberculosis	2480	1490	940	75
3	N. M.	59	♂	Pulmonary Tuberculosis	1480	280	1160	68
4	R. A.	47	♂	Pulmonary Tuberculosis	2420	1710	660	76
5	Z. A.	32	♂	Pulmonary Tuberculosis	1410	1050	280	80
6	H. T.	36	♂	Pulmonary Tuberculosis	3790	2090	1650	84
7	Y. I.	22	♂	Pulmonary Tuberculosis	4250	2200	1980	93
8	H. K.	40	♂	Pulmonary Abscess	4250	2200	1930	86
9	T. T.	57	♂	Pulmonary Abscess	3190	2090	1160	78
10	M. S.	40	♂	Pulmonary Abscess	4790	2420	2260	91
11	T. M.	66	♂	Pulmonary Abscess	3670	1760	1740	72
12	S. N.	55	♂	Bronchiectasis	3120	1690	870	88
13	T. K.	23	♂	Bronchiectasis	2810	1430	1320	84
14	I. T.	70	♂	Bronchiectasis	2640	1080	1540	67
15	S. T.	50	♀	Lung Cancer	1160	880	220	82
16	I. Y.	59	♂	Lung Cancer	2930	1310	1550	81
17	M. M.	21	♀	Callosum of Pleura	2150	1010	1050	79
18	K. I.	24	♀	Callosum of Pleura	1850	980	840	84
19	S. Y.	54	♂	Pleurisy	2520	770	1540	85
20	O. M.	51	♂	Pleurisy	2210	1540	520	81
21	S. N.	50	♂	Bronchial Asthma	3280	1650	1560	65
22	T. T.	37	♂	Chronic Bronchitis	3470	1790	1690	71
23	H. O.	48	♂	Arteriosclerosis	3820	1980	1810	93
24	M. K.	29	♂	Angioneurosis	4630	2180	2370	96
25	Y. H.	39	♂	Subphrenic Abscess	2690	1080	1570	68
26	N. M.	27	♂	Essential Hypertension	4510	2260	2090	97

Key: VC=vital capacity; TVC=timed vital capacity (1 second)

(症例番号3), 80:20と左の肺活量減少の著しいもの(症例番号15)及び左右肺の障害が均等のものがあるが, 症例番号5, 8, 13, 16, 18, 20の6例は両者の方法により測定した左右比が全く一致している。以上の26例について測定した経気管支的方法による左右肺活量比とフィルム走査法による左右肺活量比の値について, 両者の相関表を作り Fig. 10 に示した。両者の相関係数は0.74となり正の密なる相関を表わしている。

次にフィルム走査法により測定した健康者22例(男11例, 女11例)の左右肺活量比を Table 3 に示した。健康男子11例の左右肺活量比の平均は右:左=53.1±3.6:46.9±3.6 となり, 健康女子11例の左右肺活量比の平均は右:左=52.5±2.4:47.5±2.4 と

なり男女の間には殆んど差がみられない。また男女全体22例の左右肺活量比の平均は右:左=52.8±3.1:47.2±3.1 となつた。

V 考 按

X線フィルムを利用する肺機能検査法は, 1933年 Hurtado, Kaltreider¹⁹⁾らにより最初に試みられ, 彼等は, 胸廓の厚みとフィルム上の肺野面積を求めて, この値より全肺容量を算出した。この方法は胸廓を固定された一つの容器と考え, その容量を知らんとしたため, たとえ肺内に病変があつても胸廓が変形しない場合にはそれによる全肺容量の変化は算出できず, 又, 当然肺の動的な機能は知ることができない。胸部正面写真の各部の計測値を加えて Hurtado らの方法

Table 2. Ratio of right to left vital capacity by bronchspirometric method and film scanning

Case Numbers	Subjects	Ratio of Right to Left Bronchspirometric VC		Ratio of Right to Left VC by Film Scanning	
		Right : Left	Right : Left	Right : Left	Right : Left
1	T. N.	57	43	60	40
2	S. T.	61	39	65	35
3	N. M.	19	81	16	84
4	R. A.	72	28	74	26
5	Z. A.	78	22	78	22
6	H. T.	56	44	58	42
7	Y. I.	53	47	52	48
8	H. K.	53	47	53	47
9	T. T.	64	36	69	31
10	M. S.	52	48	54	46
11	T. M.	50	50	53	47
12	S. N.	66	34	69	31
13	T. K.	52	48	52	48
14	I. T.	41	39	44	36
15	S. T.	80	20	82	18
16	I. Y.	45	55	45	55
17	M. M.	49	51	45	35
18	K. I.	54	46	54	46
19	S. Y.	33	67	39	61
20	O. M.	75	25	75	25
21	S. N.	51	49	45	55
22	T. T.	52	48	57	43
23	H. O.	52	48	53	47
24	M. K.	48	52	45	55
25	Y. H.	40	60	31	69
26	N. M.	52	48	51	49

を更に改良したのが Kavach^⑬, Barnhard^⑭らの方法であるが、以上挙げた欠陥は除去できない。

全肺容量のみを知ろうとするには、最大吸気時の1枚のフィルムでもおおよその見当はつけられようが、肺活量を知ろうとするには更に最大呼気時のフィルムが必要となる。Autio^⑮, 高橋^⑯らはその2枚のフィルムの左右肺野の面積から左右別肺活量の測定を試み、健康人では比較的良好な結果を得ているが、この方法では Dorso-ventral の方向への肺の拡張を無視しているため、肺に異常のあるものでは当然誤差が大きくなる。以上の如き胸部X線フィルムの幾何学的な測定による肺容量の算出方法は、病変により複雑に変化している肺の容量を測定するには不適当と思われる。胸部X線フィルムに現われる呼吸による変化は幾

何学的な変化のみでなくフィルム濃度にも変化があつて、フィルム濃度が肺内空気量の出入と密接な関係をもつて変化することは既に多くの者により報告されているので、これの呼吸による変化量を測定できれば、換気量の推定が可能と考えられる。Marchal^⑰らは肺野の深呼吸による濃度変化の最高と最低の差を左右別に求めて、その比から左右別肺活量を測定した。この方法は従来幾何学的変化量を測定する方法に比し、肺の換気機能をより正確にとらえているが、肺野のある特定の部位における濃度差のみをもつて左右比を求めているため、部位によつて濃度差の異なるような病変をもつ症例では誤差が大きくなる。三浦^⑱はこの欠陥を補うために、左(右)肺野のフィルム濃度差を肺尖部から横隔膜まで各後方肋間中央部で測定し、各々の

Table 3. Ratio of right to left vital capacity of normal subjects by film scanning method

Sex	Numbers	Subjects	Age years	Ratio of Right to Left VC by Film Scanning Right : Left		V C ml	TVC per cent
Male	1	T. Y.	38	46	54	4060	98
	2	K. I.	18	58	42	4100	96
	3	H. T.	25	52	48	5700	96
	4	H. T.	45	60	40	3600	86
	5	K. T.	24	55	45	3500	98
	6	M. K.	38	51	49	3800	89
	7	N. M.	27	51	49	4900	95
	8	H. O.	48	53	47	4200	84
	9	T. K.	29	52	48	4900	91
	10	K. I.	19	52	48	4200	96
	11	M. T.	36	54	46	3850	95
Mean Value \pm SD				53.1 \pm 3.6	46.9 \pm 3.6	4255.5 \pm 630	93.1 \pm 4.5
Female	12	Y. O.	20	53	47	3400	92
	13	K. A.	23	52	48	2600	90
	14	K. U.	22	50	50	2750	91
	15	Y. K.	36	57	43	2520	96
	16	K. K.	33	54	46	2000	87
	17	F. H.	40	48	52	2820	86
	18	G. O.	55	55	45	2720	87
	19	H. K.	24	52	48	2300	97
	20	I. S.	45	51	49	2460	85
	21	H. Y.	43	53	47	2100	92
	22	K. K.	35	52	48	2400	88
Mean Value \pm SD				52.5 \pm 2.4	47.5 \pm 2.4	2551.8 \pm 365	90.1 \pm 3.9
Mean Value \pm SD				52.8 \pm 3.1	47.2 \pm 3.1	3403.6 \pm 995	91.6 \pm 4.5

Key: VC=vital capacity; TVC=timed vital capacity (1 second);
SD=standard deviation

値を加算して左(右)肺野の平均濃度差とした。そして左右各々の平均濃度差に左右各々の肺野面積を乗じて左右肺活量比とした。三浦の方法は Marchal らの方法に比し、より誤差の少ない左右肺活量比を把握できよう。しかし三浦の方法は各肋間中央部の濃度差を測定しているので Cranio-caudal の方向の各部位における濃度差は忠実に表わされるが、左右方向の各部位における濃度差が忠実に表わされない。胸部正面写真で辺縁部に限局せる病巣のある症例においては当然誤差が大きくなるものと考えられる。著者の用いたフィルム走査法は三浦の方法にやゝ類似した原理を有するが、フィルム全面にわたって深吸気と深呼気時との濃

度差を積算するという点で誤差の介入する余地を少くしている。肋骨陰影が吸気時と呼気時で位置を異にするため局部的には換気量と濃度差とが比例しない部位もあるが、左(右)肺野全体の濃度差を積算する場合には肋骨陰影は互いに代償されあい、全体としては換気量と比例した濃度差が得られるわけである。

種々なる胸部疾患について Carlens 氏カテーテルを使用して経気管支的に実測した左右肺活量比と本法により求めた左右肺活量比との相関係数は0.74という秀れた値であるので、フィルム走査法は左右別肺活量の測定に利用され得る方法と考えられる。

また、本法により求めた健康人の左右肺活量比は、

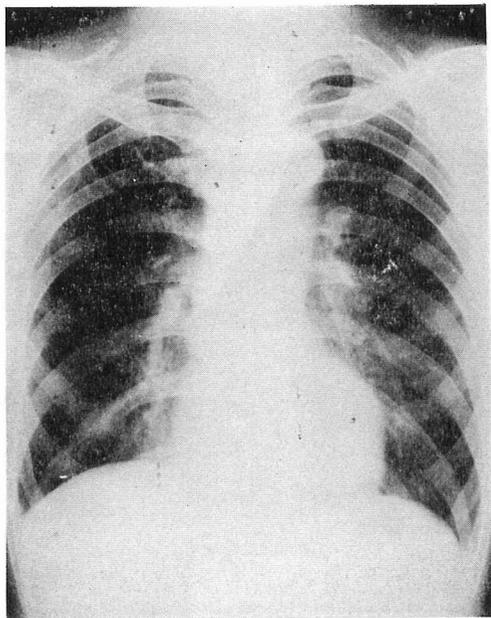


Fig. 2 Chest roentgenogram of normal subject

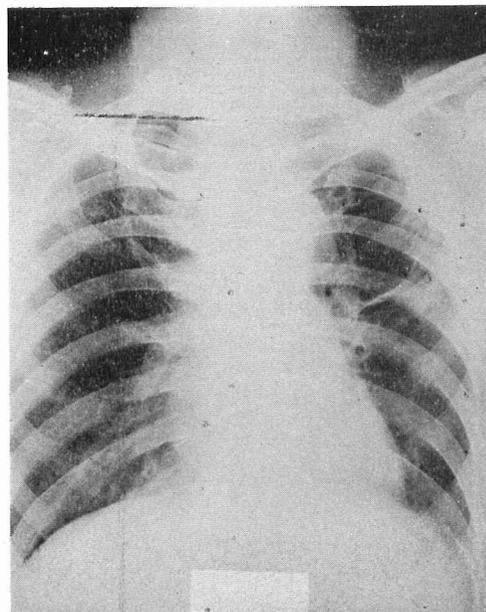


Fig. 4. Roentgenogram of patient with pulmonary tuberculosis

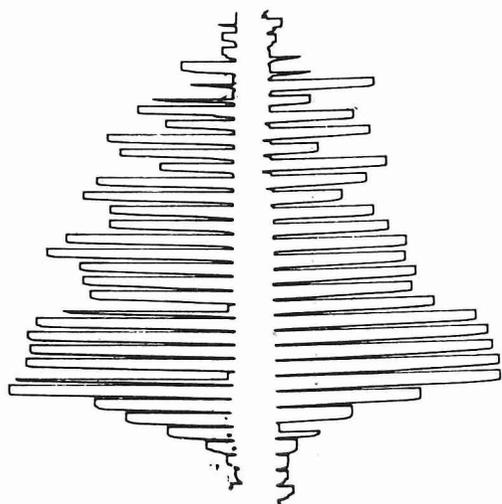


Fig. 3 Film scanning curves of normal subject

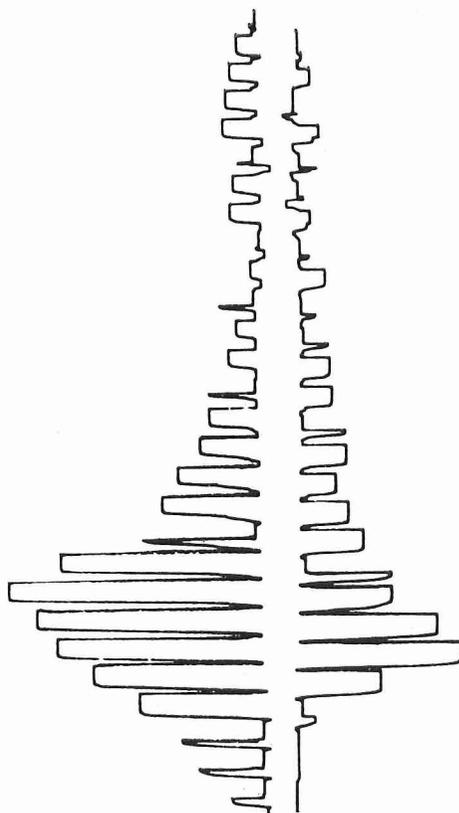


Fig. 5 Film scanning curves of patient with pulmonary tuberculosis

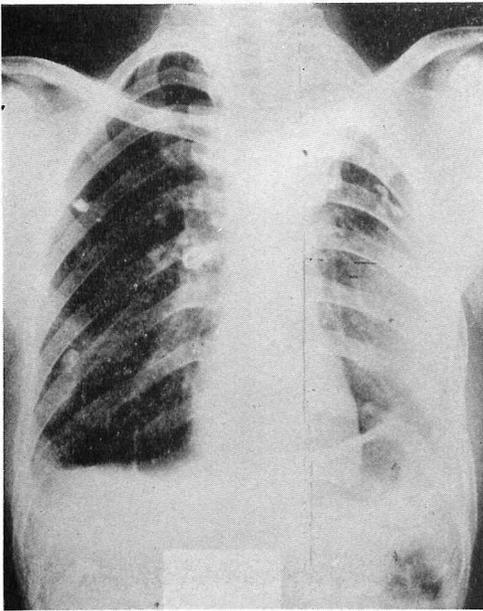


Fig. 6 Chest roentgenogram of patient with pulmonary tuberculosis

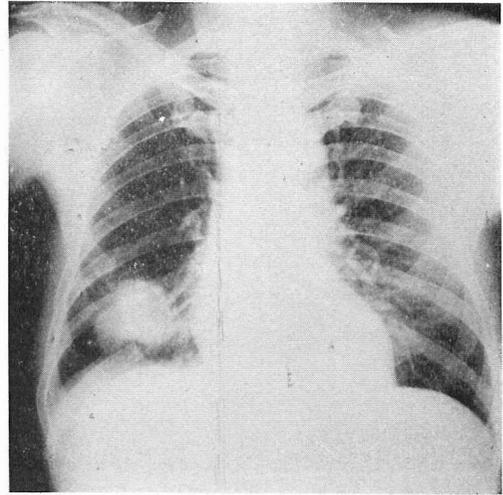


Fig. 8 Chest roentgenogram of patient with lung cancer

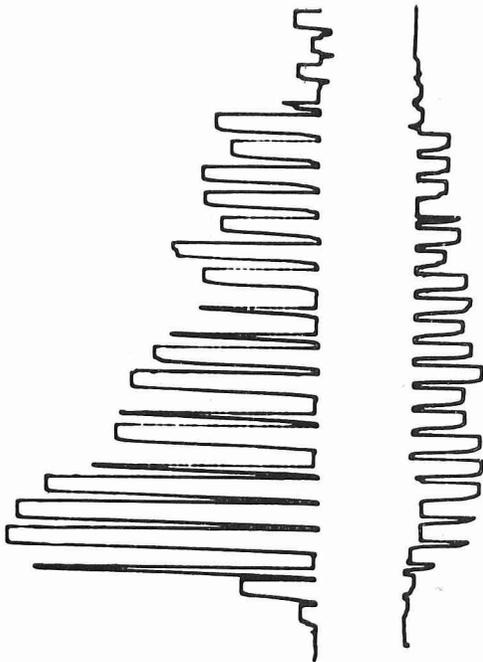


Fig. 7 Film scanning curves of patient with pulmonary tuberculosis

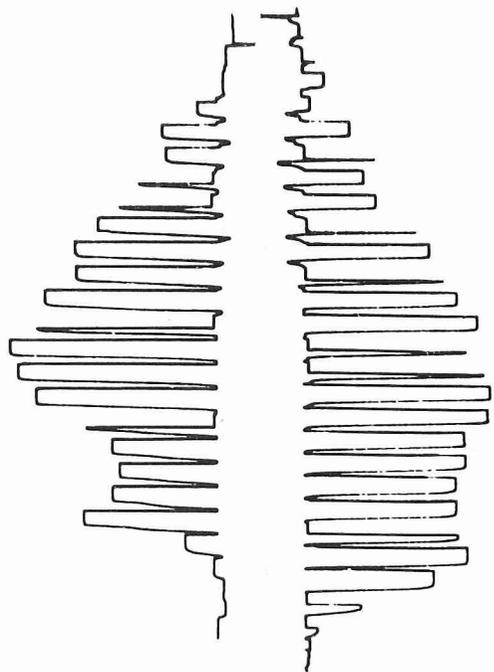


Fig. 9 Film scanning curves of patient with lung cancer

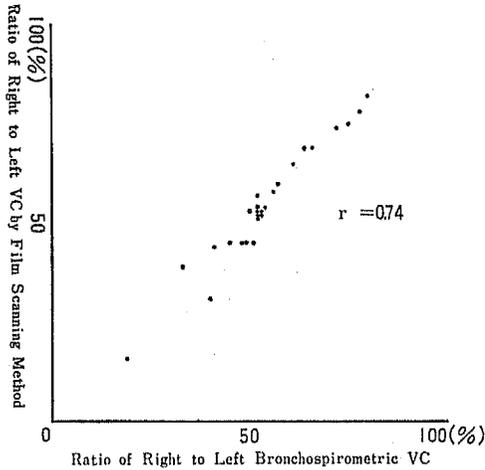


Fig. 10 Correlation between ratio of right to left vital capacity by film scanning and bronchspirometric method

右:左=52.8±3.1:47.2±3.1となり、この値はKaltreider, Bateman^⑩、鈴木^⑳、中村^㉑らにより求められた健康人の左右肺活量比(右:左=55:45)とほぼ一致した値である。

本法は被検者への負担が少く、且つ生理的な状態で測定ができるので臨床的に有用な方法と考えられる。

VI 結 論

1. 諸種胸部疾患患者26例における、経気管支の方法で実測した左右肺活量比とフィルム走査法で測定した左右肺活量比との相関係数は0.74であつて両者の間には密接な相関が認められた。

2. フィルム走査法により測定した健康人の左右肺活量比は、

男(11例) 右:左=53.1±3.6:46.9±3.6

女(11例) 右:左=52.5±2.4:47.5±2.4

男女平均 右:左=52.8±3.1:47.2±3.1

であつた。

3. フィルム走査法による左右肺活量比の測定は、生理的な状態で測定を行うことができ、しかも実測値との相関性が高いので臨床的に有用な方法である。

稿を終るにあたり御指導御校閲をいただいた恩師、戸塚忠政教授に深甚なる謝意を表すと共に本研究に終始御助言、御教示いただいた草間昌三助教授、溝上長男博士に感謝の意を表します。

尚、本稿の要旨は第5回日本胸部疾患学会総会及び第63回日本内科学会総会に於て発表した。

文 献

- ①Jacobaeus, H. C.: J. Thor. Surg., 7: 235, 1938
- ②Carlens, E.: J. Thor. Surg., 18: 742, 1949
- ③Hurtado, A., Fray, W. W.: J. Clin. Invest., 12: 807, 1933
- ④Knipping, H. W. et al: Zeitschr. Tbc., 111: 259, 1958
- ⑤Steiner, R. E., et al: Lancet, 7159 (II): 1051, 1960
- ⑥Small, J. et al: J. A. M. A., 181: 884, 1962
- ⑦Marchal, M.: Thorax, 20: 428, 1965
- ⑧梅垣洋一郎・滝沢正臣: 臨床放射線, 7: 275, 1962
- ⑨戸塚忠政・溝上長男: 臨床放射線, 7: 642, 1962
- ⑩溝上長男: 日内誌, 52: 1072, 1963
- ⑪梅垣洋一郎・滝沢正臣: 日医放誌, 25: 169, 1965
- ⑫Kaltreider, N., et al: Am. Rev. Tbc., 37: 662, 1938
- ⑬Kavach, J. C., et al: J. Thor. Surg., 31: 452, 1956
- ⑭Barnhard, H. J., et al: Am. J. Med., 28: 51, 1960
- ⑮Autio, V.: Acta Med. Scand. Supplementum: 329, 1957
- ⑯高橋雅俊・他: 胸部外科, 4: 505, 1953
- ⑰Marchal, M., et al: J. franc. med. et chir. thorac., 11: 624, 1957
- ⑱三浦孝文: 日医放誌, 22: 250, 1962
- ⑲Bateman, J. B.: J. Appl. Physiol., 3: 133, 1950
- ⑳鈴木邦彦・他: 内科, 3: 843, 1959
- ㉑中村隆・他: 肺機能とその臨床, 文光堂, 1960