

局所肺機能の研究

第一編 各種胸部疾患の局所換気機能及び局所肺血流について

昭和42年10月6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)

宮 島 彬

Studies on Regional Pulmonary Function

Part 1. Regional Pulmonary Ventilations and Perfusions
of Chest Diseases.

Akira Miyajima

Department of Internal Medicine, Faculty of Medicine,

Shinshu University

(Director: Prof. T. Tozuka)

I 緒 論

肺機能は換気, 拡散, 血流の三部門に大別されるが, 現在一般に行なわれているのは左右肺全体の総合した機能を知る方法であり, 肺局所の機能は測定できない。

特殊な方法として Carlens^①により始められた Bronchspirometry が現在なお左右別肺機能の測定に利用されているが患者への負担が大きく, 生理的な状態での肺機能の測定とは云えない。その他の局所換気機能の測定方法として Hurtado^②, Kaltreider^③, Marchal^④, 鈴木^⑤, 三浦^⑥, 梅垣^⑦らの胸部X線フィルムの幾何学的計測, 或は呼吸によるフィルム濃度変化の測定により局所換気機能を推定しようとする方法, Steiner^⑧, Small^⑨, 峯木^⑩, 梅垣^⑪, 戸塚^⑫, 溝上^⑬, 星野^⑭らの呼吸により変化する蛍光板上の肺野の明るさを電氣的に記録することにより局所換気機能を知ろうとする方法, Knipping^⑮, west, Dolley^⑯らの放射性ガスを用いる方法などがある。

局所肺血流機能の測定方法は医学分野にアイソトープが導入される様になって初めて開発され, Taplin^⑰, Wagner^⑱, 上田^⑲らによる ¹³¹I 標識大凝集アルブミン (以下 ¹³¹I-MAA と省略する) を用いる肺シンチグラム法が代表的な方法である。

著者は梅垣, 滝沢の考案によるフィルム走査法により胸部各種疾患の肺局所換気を測定し, ¹³¹I-MAA 肺シンチグラム法により肺局所血流を測定し, 両者の関係を探索して興味ある知見を得たので報告する。

II 方 法

1. フィルム走査法

フィルム走査法の原理及び装置の詳細は梅垣, 滝沢らの報告にゆずり, その概略を述べる。胸部X線フィルムの濃度は同一条件で撮影及び現像を行なえば, 深吸気で増加し深呼気で減少する。深吸気時と深呼気時のフィルムの濃度差は肺内空気吸入量と密接な関係をもって増減する。この濃度差をフィルム全面について定量測定して換気量を推定しようとするのが本法の原理である。フィルムの撮影及び現像を同一条件で行なうため, 撮影は島津理球号蓄放式撮影装置を使用し, フィルムは富士PX, 増感紙はFSを用い, 現像はKodak M-S自動現像装置で行なった。撮影条件は, 管球, フィルム間距離1.8m, 被検者の胸厚により適宜に電圧を加減(55-60KV)して, 深吸気時と深呼気時で2枚の撮影を行なった。以上の如くして撮影された2枚のフィルムを第一胸椎の位置で合わせ, 両者別々に2箇の濃度計で濃度を測定し, フィルム特性補正増巾器, 差動増巾器により両者の濃度差を求め, この値を左右肺野別々にフィルム全面について走査積算する方法である。

2. MAA肺シンチグラム法

¹³¹I 標識人血清アルブミンを適当な条件下で振盪しつつ加熱すると, アルブミン分子は凝集して直径約50ミクロン前後の粒子となり, これを静脈内に注入すると, 粒子の直径が毛細血管の直径より大きいため微少な塞栓となって肺に選択的に集積する。この集積したMAAの量はその部分の血流量にほぼ比例するので肺スキャンニングによって得た肺シンチグラムは肺血流量の分布を表わすことになる。以上がMAA肺シンチグラム法による肺局所血流量測定の方法である。

被検者に予め沃化ナトリウム溶液の内服をさせて甲

状態ブロックを行ない、レントゲンフィルムは立位で撮るので、MAAも立位で250 μ qを静注し、その後5分して仰臥位で肺スキャンニングを行なった。このようにして得られた肺シンチグラムにつき、一走査ごとの打点数を左右別々に数え、肺血流分布曲線を作製した。

III 対 象

信州大学戸塚内科に入院した各種胸部疾患々々48例(肺結核21例、肺癌9例、滲出性肋膜炎4例、肺膿瘍6例、慢性気管支炎4例、その他4例)と健康人10例についてフィルム走査法とMAA-肺シンチグラム法を施行した。

IV 結 果

1. 健康人のフィルム走査曲線(以下FSCと略す)と肺シンチグラム

Fig. 1 は29才、男、健康人の胸部X線写真である。写真に矢印で示す如く肺野の各部分を走査して、深吸気時と深呼気時のフィルムの濃度差を積算して記録したのが Fig. 2 に示す曲線である。FSCの中央基線からの高さは、一本の矢印の起始部から終末部までの濃度差の積算値であり、その部位における換気量に相当する。よって一つ一つの曲線の頂点を結ぶ曲線と基線とで囲まれる部分の面積が肺換気量に相当する。このFSCより換気量を推定すれば左右上肺野で少なく、中肺野で増加して下肺野で最高となり、ほぼ左右対称である。その左右比は右:左=55:45となり、左右肺活量比の正常値に一致している。Fig. 3 は同一健康人の肺シンチグラムである。全肺野にわたってほぼ均等な打点の分布がみられるが、中肺野から下肺野でやや密度が増し、縦隔洞及び心臓部位に一致して打点の欠損がみられる。この肺シンチグラムの打点数を左右別々に各走査ごとに数えて肺血流の分布曲線を作ると Fig. 4 に示すような曲線となる。上肺野で少なく、中肺野で増加し下肺野で最高となりほぼ左右対称な形となり、Fig. 2 に示したFSCと同様の傾向がみられた。左右の面積比は右:左=53:48であり、左右肺において換気と血流の均衡がとれていることがわかる。

2. 異常所見を示すFSC及び肺シンチグラム

症例 1. 67才、男、肺癌

Fig. 5 の胸部X線写真に示す如く、左上肺野に腫瘤状陰影を有する肺癌の症例である。FSCは Fig. 6 に示す如く左上肺野に一致して曲線の基線からの高さが低くなり腫瘤周辺部の換気低下が推定される。中肺野及び下肺野では左右ほぼ対称であり換気の異常を示す

所見はみられない。Fig. 7 は同一症例の肺シンチグラムであり、Fig. 8 はその肺血流分布曲線である。肺シンチグラムでは左上肺野の腫瘤部及びその周辺部に一致して打点数がやや減少しており、肺血流分布曲線では左上肺野に一致して基線からの長さが右上肺野に比較してやや減少している。以上のことより、左上肺野の腫瘤部及びその周辺部に一致して肺血流と換気の減少があることが推定される。

症例 2. 38才、男、肺癌

Fig. 9 の胸部X線写真に示す如く、左肺門部に原発した肺癌により無気肺を併発した症例である。FSCは Fig. 10 に示す如く、左上肺野から中肺野の一部にわたり基線にはほぼ一致し、換気の消失を表わし、中肺野の一部から下肺野にわたり高度の換気低下を推定させる。肺シンチグラムは Fig. 11 に、肺血流分布曲線は Fig. 12 に示した。左全肺野に一致して、肺シンチグラムの打点は極度に粗となり、左肺における肺血流の減少を示している。FSCによる左右換気比は、右:左=97:13で、肺血流分布曲線による左右血流比は、右:左=77:23となり左肺の換気低下の程度は肺血流の減少の程度より高度であることがわかる。

症例 3. 32才、男、肺結核

Fig. 13 の胸部X線写真に示す如く、左右の肋膜肺腫と、左右肺の硬化性病変を主とする肺結核の症例である。FSCは Fig. 14 に示す如く右肺に比し、左肺は基線からの長さが減少し左肺における換気低下を示している。右肺に相当するFSCの形はほぼ正常である。本法においては、胸部X線写真の撮影に際し被検者の胸厚により適宜電圧を加減しているため、FSCの基線からの長さは換気量の絶対量でなく相対量を表わしている。従ってFSCの基線からの長さを、左右肺野又は上下肺野を比較することによって換気低下部位がわかり、その程度は肺活量を参照することにより推定される。Fig. 13 の胸部写真に示す如く右肺野にも異常陰影を認めるが、その病変による換気障害は程度が軽いため、代償性換気に遮蔽されて明確でない。肺シンチグラムは Fig. 15 に肺血流分布曲線は Fig. 16 に示した。左全肺野に一致して肺シンチグラムの打点は粗となり、従って肺血流分布曲線においても基線からの長さは左肺野で減少し、左肺血流の減少を示している。FSCによる左右肺換気比は右:左=78:22で、肺血流分布曲線による左右肺血流比は右:左=71:29となり左肺における換気障害と血流障害の程度はほぼ均衡がとれている。

症例 4. 70才、男、慢性気管支炎

胸部X線写真(Fig. 17)には特に異常所見を認めな

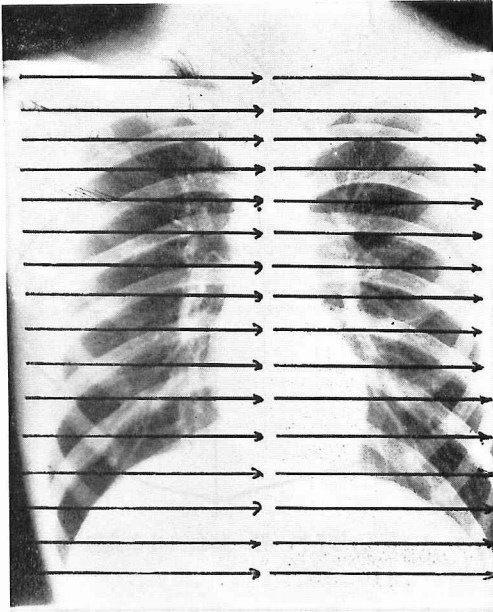


Fig. 1 健康人, 29才, 男

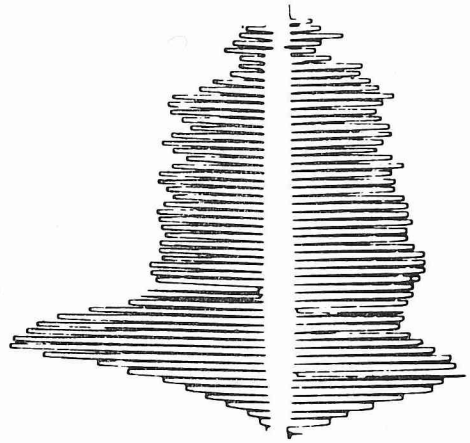


Fig. 2 健康人29才, 男, F S C

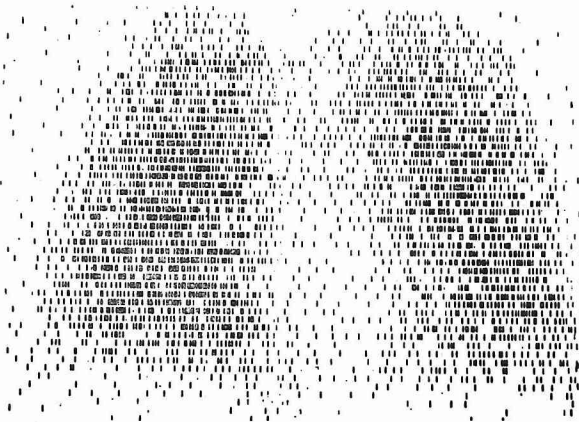


Fig. 3 健康人 29才, 男, 肺シンテグラム

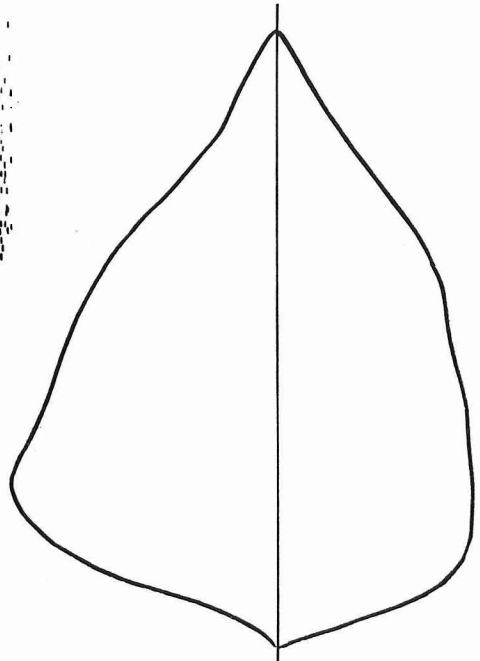


Fig. 4 健康人, 29才, 男, 肺血流分布曲線

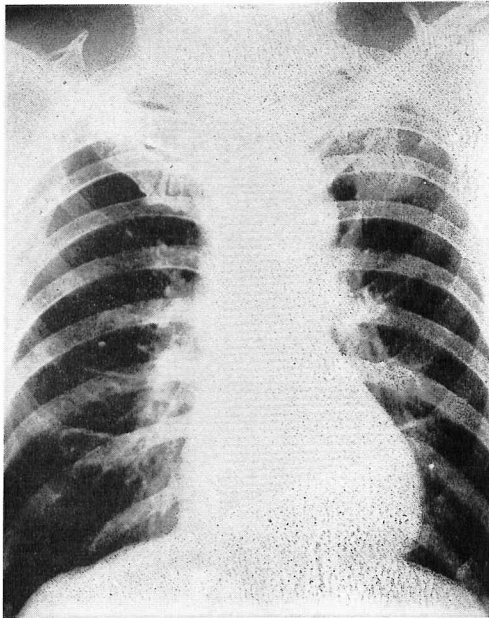


Fig. 5 肺 癌, 67才, 男

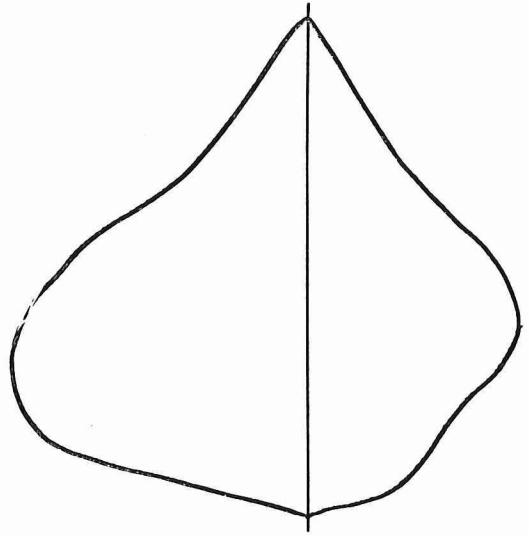


Fig. 8 肺癌, 67才, 男, 肺血流分布曲線

Fig. 6 肺癌, 67才, 男, FSC

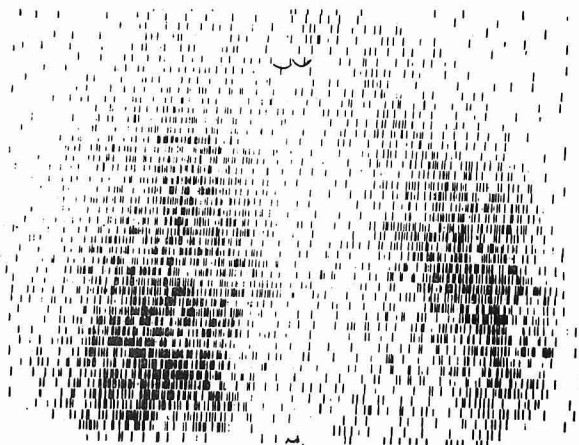
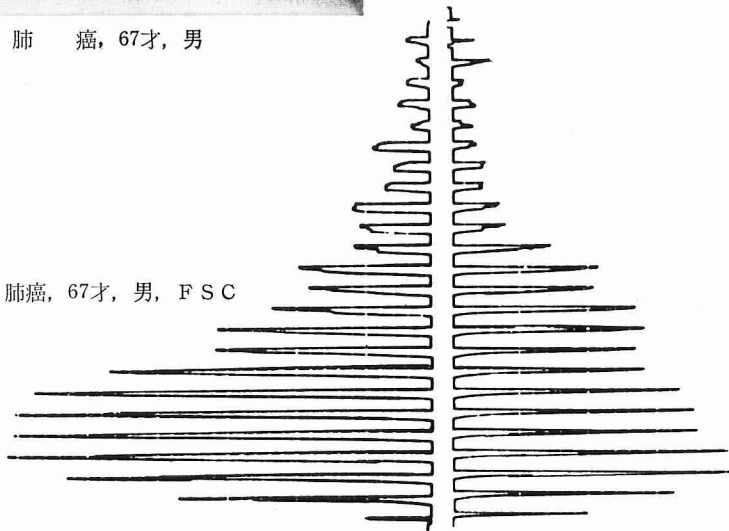


Fig. 7 肺癌, 67才, 男, 肺シンチグラム

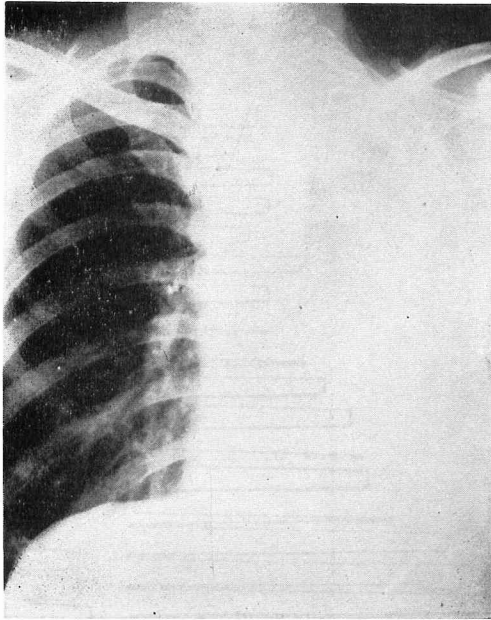


Fig. 9 肺 癌, 38才, 男

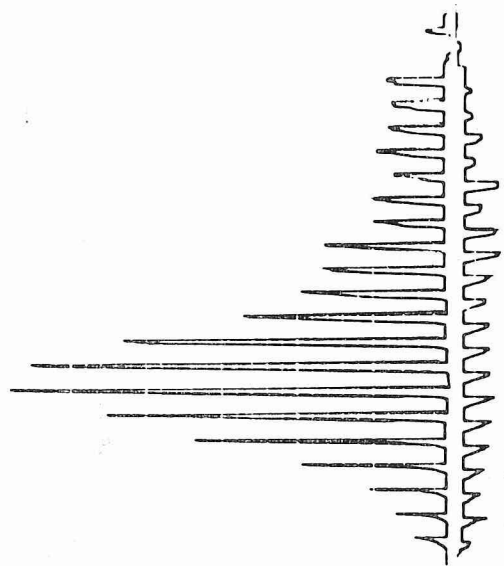


Fig. 10 肺 癌, 38才, 男, FSC

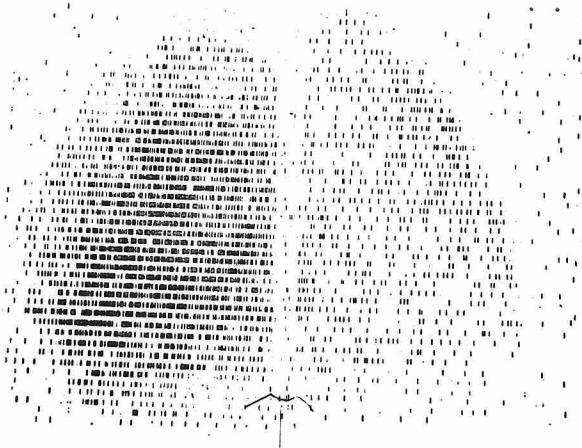


Fig. 11 肺 癌, 38才, 男, 肺シンチグラム

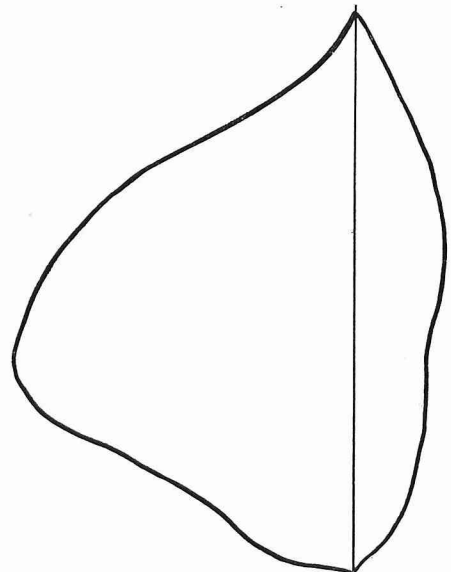


Fig. 12 肺 癌, 38才, 男, 肺血流分布曲線

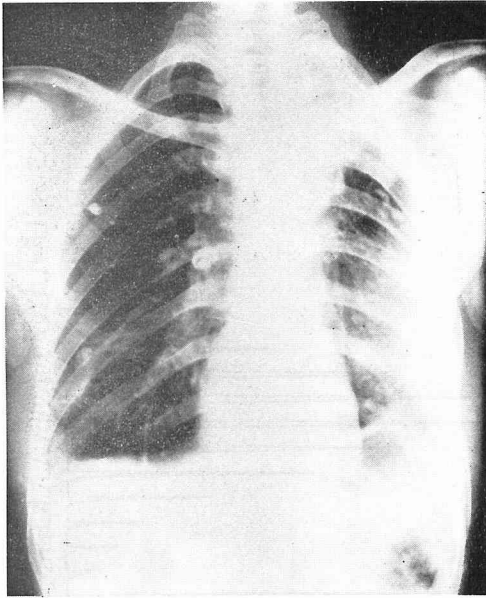


Fig. 13 肺結核, 32才, 男

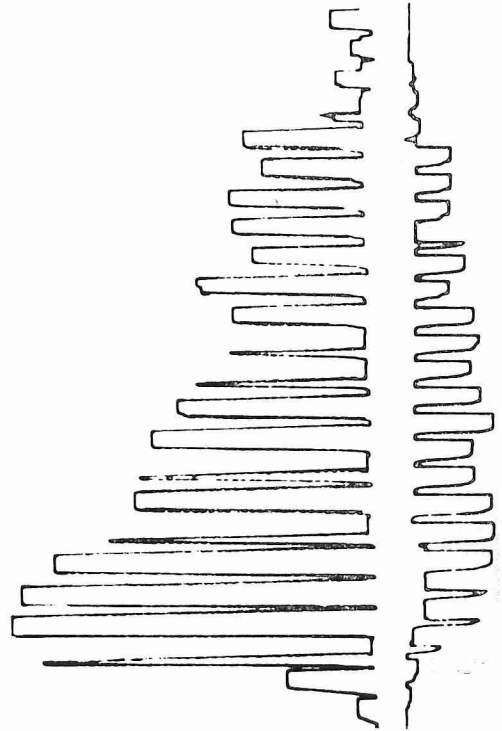


Fig. 14 肺結核, 32才, 男, FSC

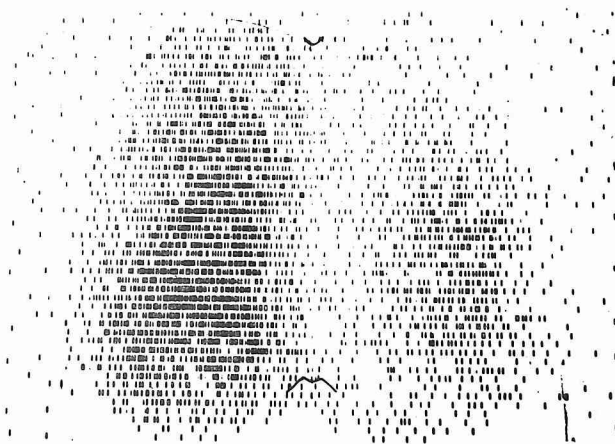


Fig. 15 肺結核, 32才, 男, 肺シンチグラム

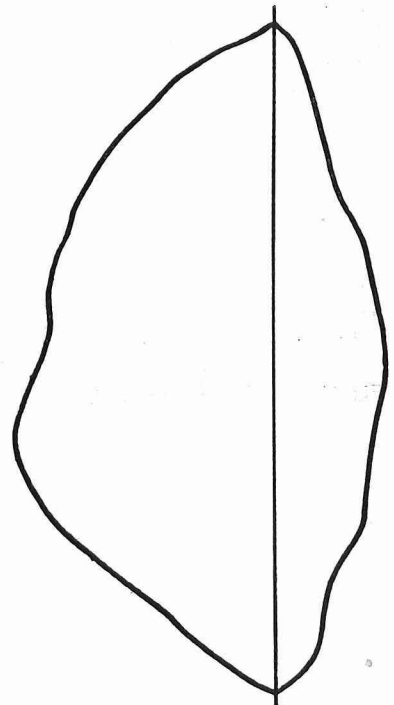


Fig. 16 肺結核, 32才, 男, 肺血流分布曲線

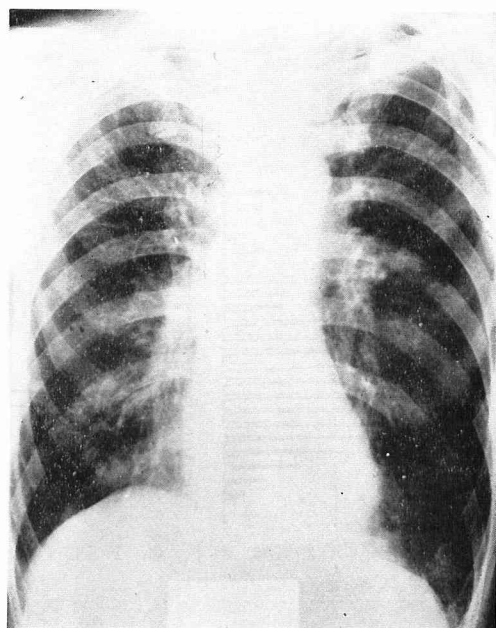


Fig. 17 慢性気管支炎, 70才, 男

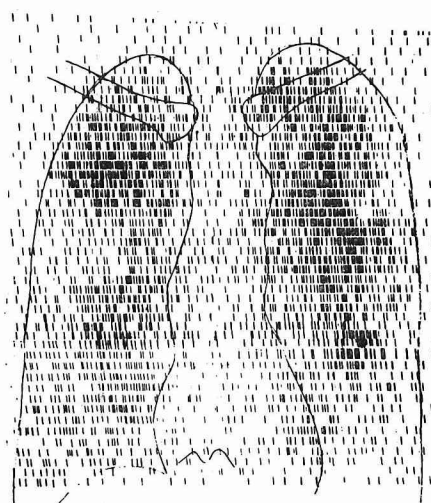


Fig. 19 慢性気管支炎, 70才, 男,
肺シンチグラム

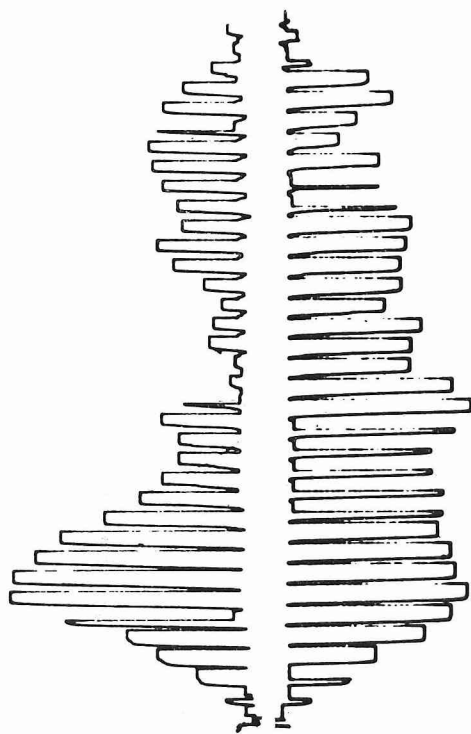


Fig. 18 慢性気管支炎, 70才, 男, FSC

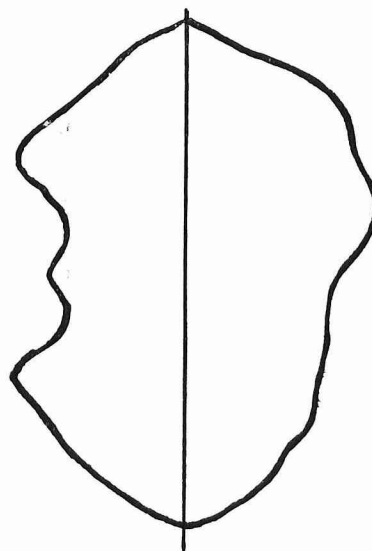


Fig. 20 慢性気管支炎, 70才, 男,
肺血流分布曲線

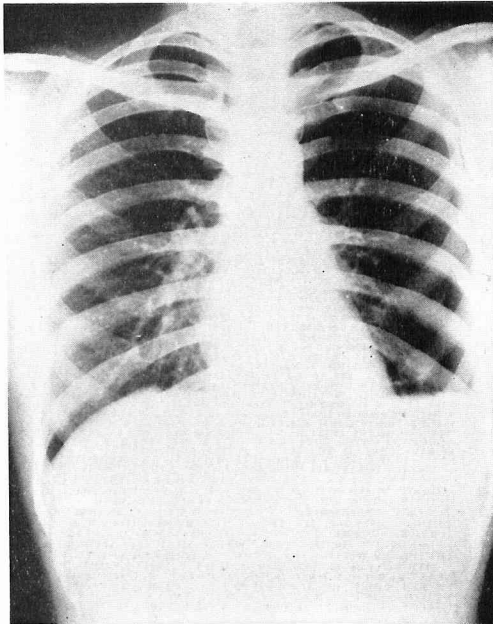


Fig. 21 特発性自然気胸, 21才, 女

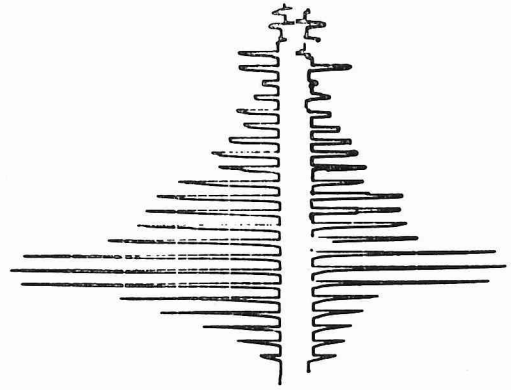


Fig. 22 特発性自然気胸, 21才, 女, F S C

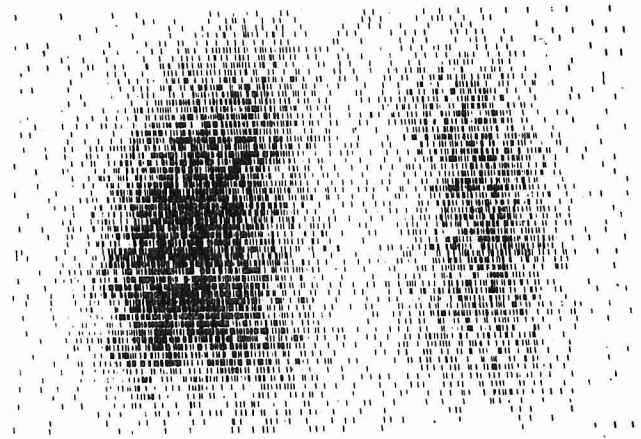


Fig. 23 特発性自然気胸, 21才, 女, 肺シンチグラム

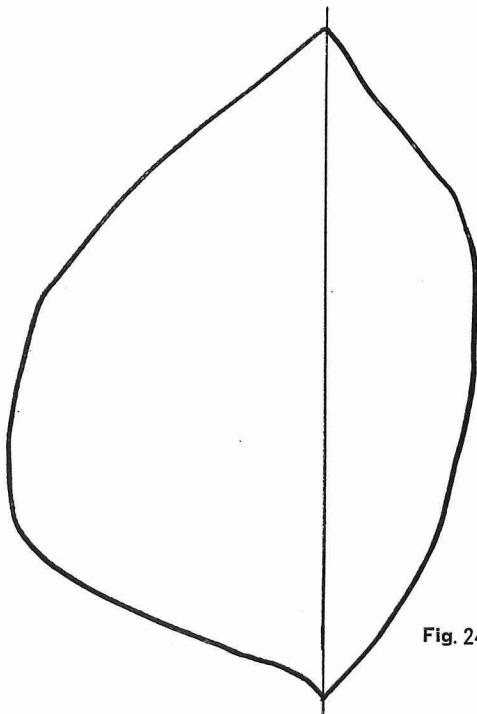


Fig. 24 特発性自然気胸, 21才, 女, 肺血流分布曲線

いがFSC (Fig. 18) では右中肺野に局限した換気低下部位が認められ、肺シンチグラム (Fig. 19) 及び肺血流分布曲線 (Fig. 20) においても右中肺野の換気低下部位に一致して、肺血流減少部位が認められる。FSCによる左右肺換気比は右：左=44：56で、肺血流分布曲線による左右肺血流比は、右：左=44：56であり、換気障害と血流障害の左右比は一致しており、両者は均衡がとれている。臨床的には一年を通じて咳嗽、喀痰があり、坂道を登る時に軽度の息切れを訴えている。肺機能検査は、肺活量3100cc、残気量1780cc、残気率36%、一秒率72%である。FSCにみられる右中肺野の換気低下の原因については、気管支の痙攣性狭窄、分泌物による気管支腔の閉塞、又は局所的な肺気腫が疑われたので、一ヶ月後気管支拡張剤の吸入を施行して再検したが、前回と同様の結果が得られた。従って肺機能検査では一秒率72%で肺気腫とは診断し難いが、局所的な肺気腫の存在が推定された。

症例5, 21才, 女, 特発性自然気胸

胸部X線写真 (Fig. 21) に示す如く左自然気胸の症例である。FSC (Fig. 22) は左側各肺野の均等な換気低下を示している。肺換気比は右：左=61：39であり、患側肺での換気機能が相当に残っていることがわかる。肺シンチグラム (Fig. 23) では左肺野の周辺部に一致して粗となっており、肺血流の左右比は右：左=71：29で、患側肺の血流障害は換気障害の程度より大きい。

3. 健康人及び胸部諸疾患の左右換気比と左右肺血流比

(1) 健康人

健康人10例 (男7例, 女3例, 年齢14才~67才) 左右肺活量比の平均は右：左=54.0：46.0で、左右肺血流比は右：左=54.5：45.5であり、健康人においては換気と血流の均衡がとれている (Table 1)。肺血流

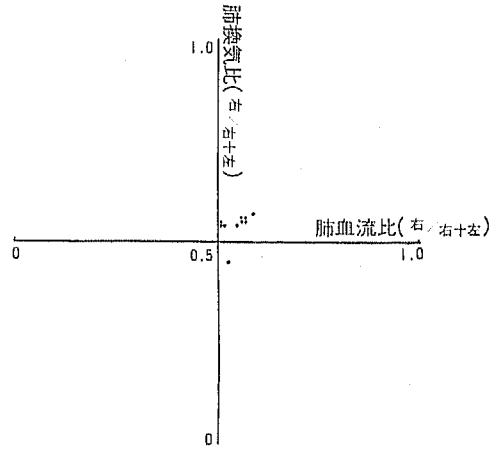


Fig. 25 健康人の肺血流比 (右/右+左) と換気比 (右/右+左)

比と換気量比の相関は Fig. 25 に示す。本図では横軸に肺血流比 (右/右+左)、縦軸に肺換気量比 (右/右+左) をとり、両軸を0.5の目盛りのところで交叉させてあるから、次のようなことが意味づけられる。

肺血流について述べれば、第I、第IV象限に分布している症例は左肺に比し右肺の血流量が多く、第II、第III象限に分布している症例は右肺に比し左肺の血流量が多い。肺換気については、第I、第II象限に分布している症例は右肺の換気量が左肺に比し大きく、第III、第IV象限に分布していれば左肺の換気量が右肺に比し大きい。従って第I象限に分布する症例は、右肺の血流量及び換気量が共に左肺に比し大きく、第III象限に分布する症例は、左肺の血流量及び換気量が共に右肺に比し大きい。又x=yの直線上及びその近傍に分布する症例は換気、血流の両機能が均衡のとれた状態にある。第II象限に分布する症例は右肺の血流量が左肺より小さく、右肺の換気量は左肺より小さい。第

Table 1 健康人の肺血流比、換気比 (右/右+左) と血流比/換気比 (右)

症例	年齢	性	診断名	肺血流比 (右/右+左)	換気比 (右/右+左)	血流比/換気比 (右)	
1	K. S.	51	♀	健康	0.56	0.55	1.02
2	R. M.	24	♂	"	0.56	0.56	1.00
3	F. A.	39	♀	"	0.59	0.57	1.04
4	T. N.	67	♀	"	0.51	0.54	0.95
5	Y. N.	58	♂	"	0.57	0.56	0.93
6	M. K.	29	♂	"	0.52	0.45	1.15
7	T. M.	14	♂	"	0.55	0.54	1.02
8	T. S.	24	♂	"	0.51	0.54	0.94
9	T. M.	18	♂	"	0.51	0.54	0.94
10	K. M.	17	♂	"	0.57	0.55	1.04

Table 2 胸部疾患患者の肺血流比, 換気比(右/右+左)と血流比/換気比(患側)

症例	年齢	性	診断名	患側	肺血流比(右/右+左)	換気比(右/右+左)	血流比/換気比(患側)	
1	T. H.	36	♂	肺結核	l	0.58	0.58	1.00
2	S. T.	46	♂	"	l	0.73	0.65	0.77
3	Y. I.	22	♂	"	r l	0.53	0.52	—
4	T. A.	47	♂	"	l	0.76	0.74	0.92
5	S. K.	52	♂	"	r	0.39	0.47	0.83
6	K. N.	64	♂	"	l	0.76	0.68	0.75
7	F. M.	40	♂	"	r l	0.48	0.54	—
8	T. U.	43	♀	"	r l	0.57	0.59	—
9	M. O.	49	♀	"	l	0.65	0.72	1.25
10	K. K.	38	♂	"	l	0.81	0.80	0.95
11	T. N.	29	♂	"	l	0.69	0.59	0.76
12	M. K.	30	♂	"	r l	0.53	0.42	—
13	H. K.	41	♂	"	r l	0.50	0.56	—
14	H. A.	32	♂	"	l	0.71	0.78	1.32
15	K. H.	18	♂	"	r	0.46	0.51	0.90
16	T. H.	33	♂	"	r l	0.87	0.90	—
17	S. Y.	76	♂	"	l	0.67	0.73	1.22
18	M. K.	39	♂	"	l	0.86	0.89	1.27
19	N. T.	57	♂	"	r l	0.60	0.68	—
20	K. I.	24	♀	"	r l	0.51	0.54	—
21	S. S.	54	♂	"	l	0.86	0.88	1.17
22	K. I.	60	♀	肺癌	l	0.63	0.72	1.32
23	K. M.	38	♂	"	l	0.77	0.97	7.67
24	M. K.	49	♂	"	r	0.42	0.33	1.27
25	G. M.	67	♂	"	l	0.60	0.57	0.93
26	Y. T.	72	♀	"	r l	0.57	0.50	—
27	T. N.	56	♀	"	l	0.56	0.75	1.76
28	A. N.	46	♀	"	r	0.20	0.09	2.22
29	K. Y.	43	♂	"	r	0.51	0.44	1.16
30	S. M.	72	♀	"	r	0.45	0.33	1.36
31	T. T.	57	♂	肺膿瘍	l	0.59	0.69	1.32
32	M. S.	40	♂	"	r	0.48	0.54	0.89
33	I. K.	34	♀	"	l	0.56	0.56	1.00
34	M. W.	40	♂	"	l	0.61	0.65	1.11
35	M. T.	51	♂	"	r	0.50	0.55	0.91
36	S. M.	50	♂	"	l	0.52	0.60	1.20
37	I. T.	70	♂	慢性気管支炎	r l	0.44	0.44	1.00
38	T. T.	37	♂	"	r l	0.55	0.57	0.97
39	M. Y.	30	♀	"	r l	0.47	0.45	1.04
40	S. M.	38	♂	"	r l	0.47	0.43	1.09
41	T. M.	31	♂	肋膜炎	r	0.45	0.35	1.29
42	S. Y.	54	♂	"	r	0.41	0.45	0.91
43	O. M.	51	♂	"	l	0.64	0.75	1.44
44	T. T.	21	♂	"	r	0.51	0.35	1.46
45	M. T.	61	♂	肺気腫	r l	0.53	0.53	1.00
46	S. Y.	55	♂	"	r l	0.42	0.47	0.90
47	K. F.	21	♀	自然気胸	r	0.71	0.61	0.74
48	Y. K.	66	♂	心臓喘息	r l	0.55	0.56	—

Ⅳ象限に分布する症例は右肺の血流量が左肺に比し大きく、右肺の換気量は左肺に比し小さい。すなわち第Ⅱ、第Ⅳ象限に分布していれば、換気と血流の障害程度が均衡のとれていない状態にあることを示す。

(2) 胸部疾患群

胸部疾患48例(結核21例, 肺癌9例, 滲出性肋膜炎4例, 肺膿瘍4例, 慢性気管支炎4例, その他6例)について、左右肺血流比と左右肺換気量比を健康人と同様の方法で図示すると Table 2, Fig. 26 の如くなる。殆んどの例が、概ね $y = x$ の直線上又はその近傍に分布する傾向がみられた。換気障害と血流障害の程

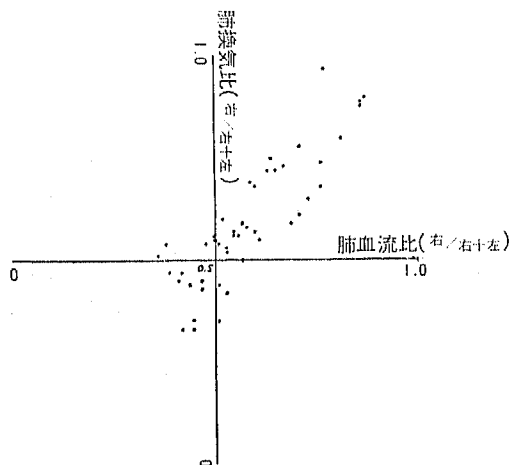


Fig. 26 胸部疾患患者の肺血流比(右/右+左)と換気比(右/右+左)

度がほぼ均衡ととれている。第Ⅱ、第Ⅳ象限に分布するものが各々少数例見られたが $y = x$ の直線の近くにあるので換気の障害と血流の障害の程度が著しくい違っていないことを示している。

4. 健康人及び胸部諸疾患の患側肺における血流・換気比について

以上の如く胸部諸疾患48例の左右肺換気量比と左右肺血流比の関係をみると全例が $y = x$ (Fig. 26) の近傍に分布し正の相関を示している。すなわちこれらの疾患では患側の換気機能が障害されれば、疾患によって程度の差はあるが、肺血流の障害も伴うことを示している。しかし、この図からは疾患群によって換気障害の程度が肺血流の障害程度よりも大きいのか、小さいか又は同程度であるか否かは不明であるので、次にこの点について追究した。そこで患側肺の血流・換気比を次式で求めこの値をもって疾患別に検討を加えた。

$$\text{患側肺血流・換気比} = \frac{\text{患側肺の血流} / \text{全肺血流}}{\text{患側肺の換気量} / \text{全肺換気量}}$$

肺結核, 肺癌, 肺膿瘍, 肋膜炎については胸部レ線主なる病巣陰影の認められる側を患側とし、左右両側に同程度又は同程度近くの拡がりをもつ肺結核の症例と左右両側にびまん性に散布された肺癌の症例は除外した。又対照として選んだ健康人及び胸部レ線上特に限局した異常陰影を認めない慢性気管支炎, 肺気腫については右側肺の血流・換気比を求めた。

(1) 健康人

健康人10例の血流・換気比は Fig. 27 に示す如く平

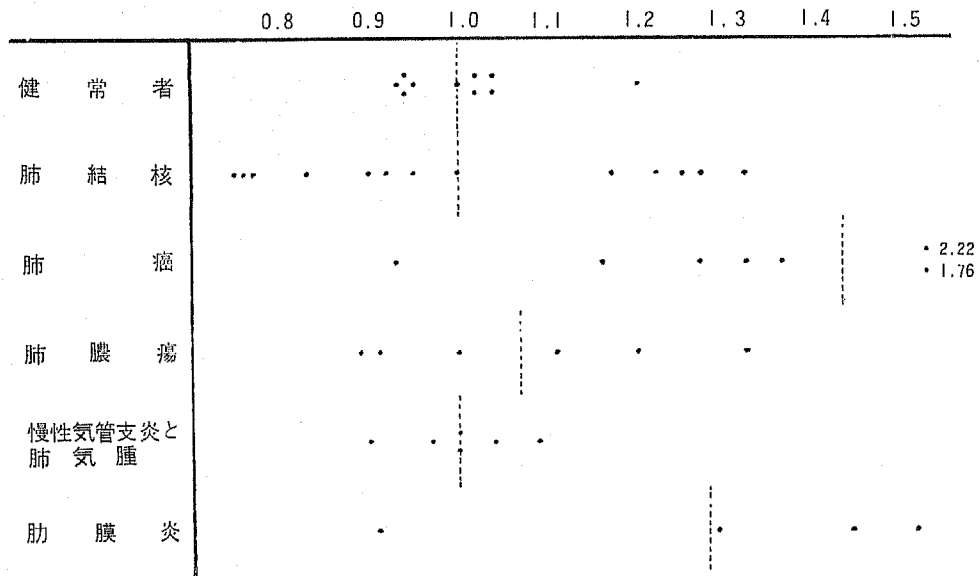


Fig. 27 各種肺疾患の患側肺における肺血流比/肺換気比

均 1.0 ± 0.07 となり、標準偏差も小さく肺血流と換気の均衡が良く保持されていることを示している。

(2) 慢性気管支炎及び肺気腫

慢性気管支炎 4 例と肺気腫 2 例の肺血流・換気比は平均 1.0 ± 0.06 となり健康人と同様に肺血流、換気の均衡が保持されている。しかし健康人に比しばらつきが大きい傾向がある。

(3) 肺結核

肺結核 13 例の肺血流・換気比は平均 1.0 ± 0.21 で、肺換気、血流の均衡のとれた状態であるが、各症例によるばらつきが大きい。

(4) 滲出性肋膜炎

滲出性肋膜炎 4 例の肺血流・換気比は平均 1.28 ± 0.25 となり、患側肺での換気障害の程度の方が血流障害の程度よりもやや高度である傾向を示している。

(5) 肺癌

肺癌 7 例の肺血流・換気比は 1 例を除いて患側の換気障害の程度が血流障害の程度よりも高度であり、平均 1.43 ± 0.42 となった。なお左肺門部の肺癌で左全肺に無気肺を併発した症例は血流・換気比が 7.7 と高値（換気障害の程度が血流障害の程度より著明に高度）を示したので、統計的にはこの症例を除外して検討した。又肺血流・換気比が 0.93 とほぼ正常域の値を示したのは左上肺野の孤立肺野型の一例であった。

(6) 肺膿瘍

肺膿瘍 6 例について肺血流・換気比を求めると平均 1.07 ± 0.17 となり換気障害の程度が血流障害の程度よりもやや高度である。肺癌と肺膿瘍の肺血流・換気比を比較してみると肺癌は平均 1.43 ± 0.42 、肺膿瘍は平均 1.07 ± 0.17 で両疾患ともに患側肺の換気障害の程度が血流障害の程度よりも大きい、肺癌の方がより大きい傾向がみられる。

V 考 按

近年呼吸生理学の進歩と共に肺機能の検索も高度の進歩をとげ換気、拡散、肺循環の各部門の精細な情報を探知することが可能となった。従来の方法では困難であった肺局所の機能検査も X 線及び種々アイソトープの導入により逐次開発されつつある。1955 年 Knipping らは ^{133}Xe を用い肺局所の換気機能の測定は成功した。彼らの方法は閉鎖回路内で ^{133}Xe と O_2 の混合ガスを反復呼吸させ ^{133}Xe の肺内移行を連続的に記録し ^{133}Xe の肺内混合曲線ならびに ^{133}Xe の洗出曲線の型から肺胞換気の状態を知る方法である。その後 1960 年 West らは $^{15}\text{O}_2$ を用い局所の換気のみならず肺血流量、ならびに肺拡散能力の測定を

可能ならしめたが、 $^{15}\text{O}_2$ は半減期が 2.5 分と極端に短いため一般に利用されるべき方法とはいえない。1962 年 Ball²⁰⁾、Dollery²¹⁾ らは ^{133}Xe の食塩水溶液を静脈内に注射すると最初の肺循環の際にその 95% 以上が肺胞内に拡散するという事実を発見し、肺換気量のみならず肺血流量の測定に成功した。これらの方法も測定データの処理の問題、臨床的意義づけの問題等に未解決の点を有し今後の研究の課題を提供している。本邦においても金上²²⁾ らにより同様の研究が行なわれているが、測定装置が高価であると云う点一般への普及の障害となっている。

X 線を用いて肺機能を知ろうとする試みは Hurtado, Kaltreider らにより始められ、主として胸部 X 線写真の幾何学的計測により種々肺機能を知らんとするものであった。その後 X 線フィルムより肺の動の状態を知らんとして種々の研究がなされた。Simonin, Marchal らは肺野の深呼吸による濃度変化を濃度計で測定し、左右別肺活量を求めたり、肺局所の換気状態を推定している。本邦においても X 線フィルム肺野濃度変化の観察による肺機能測定の試みは坪井²³⁾、鈴木、三浦らにより行われており、梅垣、滝沢らは、フィルム走査法を考案し、呼吸によるフィルム肺野濃度の定量測定を可能ならしめ、肺機能検査への応用の有用性を強調している。溝上²⁴⁾ はフィルム走査法による肺機能検査を臨床的に検討し、その妥当性を認め、左右別肺活量を測定し、また肺気腫の局所的換気障害の存在を解明している。局所肺血流状態の探知は West, Bate らの方法が開発される以前に Jacobaeus²⁵⁾ らにより Bronchospirometry を用いる方法が行なわれている。彼らは Bronchospirometry を用いて左右肺の酸素消費量を測定し、これにより左右別の肺血流量を推定しようとしている。Fishman²⁶⁾ らはこの方法に心臓カテーテル法を併用し、直接に左右別肺血流量の測定をすることに成功したが、測定には大がかりな設備と高度の手技が要求され、かつ患者への侵襲が大きい。以上の方法に比較すれば、Wagner らによる MAA を用いる方法は測定法が簡単で全肺野の血流分布を連続的に記録できるという利点を有している。肺局所の換気と血流関係を測定する方法は ^{133}Xe 、 ^{85}Kr 等を用いる希有ガス法、及び $^{99m}\text{Tc-Alb}$ 、 ^{198}Au colloid 等をエロゾル化し吸入させる肺換気スキャンと、 $^{131}\text{I-MAA}$ を用いる肺血流スキャンを併用する方法があるが、希有ガス法は 2 筒以上のディテクターを必要とし測定装置が大がかりとなり、かつ全肺野の連続記録ができない欠点を有している。スキャンニング法はエロゾル化したアイソト

ープをIPPB装置で吸入させるという換気スキヤンの点で汚染の危険を有している。

著者は換気の測定にフィルム走査法を、血流の測定に¹³¹I-MAA法を用いているので、測定方法が簡単で全肺野の換気、血流状態が連続的に記録され、かつ放射性物質による汚染の危険も少ない。

著者の方法により測定した、健康人10例の左右肺換気比は右/左=54.0:46.0, 左右肺血流比は右:左=54.5:45.5で換気と血流の均衡が保持され、上田²³⁾らの報告と一致している。諸種胸部疾患48例について換気・血流関係を調べると、換気の障害と血流の障害程度はほぼ均衡を保持し、極端に相違する例は一例もみられなかった。上田らも一側肺に異常のある慢性肺疾患について換気、血流関係を調べ56%が正常の換気・血流関係にあることを報告している。著者の扱った胸部疾患48例を結核、肺気腫、慢性気管支炎、肺癌、肺膿瘍、滲出性肋膜炎の五群に分け、換気、血流関係を検討すると、肺気腫、慢性気管支炎及び結核の慢性疾患群では患側の換気、血流関係はほぼ均衡が保持され、肺癌、肺膿瘍、滲出性肋膜炎では、患側の換気、血流関係の均衡がやぶくずれ、換気障害の程度がやぶ強い傾向がみられた。肺癌ではこの傾向が特に強いように思われた。肺癌においてはいわゆる“Initial emphysema”とか無気肺が好んで併発する点を考えれば、換気障害の程度が血流障害の程度より強くなることは当然考えられるが、これには複雑な問題が関与して簡単に結論は下し得ない。即ち肺癌の浸じゆん及びリンパ節の腫脹により血管系よりも気管支系がより障害を受ければ換気障害が強く、気管支系よりも血管系が強く障害を受ければ血流障害が強くあらわれよう。又気管支系の障害により換気の減少が起きれば肺胞内酸素分圧の減少を起し、これが反射的に肺小動脈攣縮を起し肺血流の比例した減少が起ることも考えられる。Wagner²⁴⁾はBallonにより犬の気管支を選択的に閉塞させ、これに¹³¹I-MAA肺スキヤンを行ない、閉塞させた気管支区域に一致して肺動脈血流障害を認め、このことを実証している。逆に血流障害により肺胞内炭酸ガス分圧が減少すると反射的に小気管支の狭窄がおこり換気が減少するとも云われている。又Westらによれば換気血流の関係は健康者でも上肺野と下肺野で異なり、上肺野の換気血流比を1:1とすれば下肺野では3~4:9と下肺野では換気に比し血流量が著明に増加するといわれる。よって肺癌の浸じゆん部位によっても換気・血流関係は影響を受けることになる。以上の如く肺癌の換気・血流関係の検討に当っては複雑な問題を含んでいるので早急に結

論を得ることは困難と思われる。

IV 結 論

肺血流と肺換気を¹³¹I-MAA肺シンテグラム及びフィルム走査法で測定し、胸部諸疾患について血流・換気の関係を検索した。

1. 健康人(10例)の換気比(右/左)は54.0:46.0で、血流比(右/左)は54.5:45.5であり、健康人は換気と血流の均衡が保持されている。

2. 胸部疾患患者48例(肺結核21例、肺膿9例、肋膜炎4例、肺膿瘍6例、慢性気管支炎4例、その他4例)の肺血流及び換気は、その病変部においていずれも減少する。

3. 胸部疾患患者の患側肺の血流・換気比を次式で求めた。

患側肺血流・換気比 = $\frac{\text{患側肺の血流} / \text{全肺血流}}{\text{患側肺の換気量} / \text{全肺換気量}}$
慢性気管支炎、肺気腫及び結核では平均1.0となり血流と換気がほぼ同程度に障害されている。肺癌、肺膿瘍及び肋膜炎では血流障害よりも換気障害の方が大きく、特に肺癌ではその傾向が著しい。

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る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、また多大な御援助いただいた信大中央レントゲン部滝沢正臣技師に感謝の意を表します。

尚、本稿の要旨は第63回内科学会総会において発表された。

V 文 献

- ①Carlens, E.: J. Thov. Surg., 18: 742, 1949
- ②Hurtado, A. et al: J. Clin. Invest., 12: 807, 1933
- ③Kaltreider, N. et al: Am. Rev. Tbc., 37: 662, 1938
- ④Marchal, M. et al: Thorax, 20: 428, 1965
- ⑤鈴木邦彦: 日医放誌, 20: 314, 1960
- ⑥三浦孝文: 日医放誌, 22: 250, 1962
- ⑦梅垣洋一郎, 他: 日医放誌, 25: 169, 1965
- ⑧Steiner, R. et al: Lancet, 7159 (II): 1051, 1960
- ⑨Small, J. et al: JAMA, 171: 884, 1962
- ⑩峯木照夫: 日医放誌, 19: 1926, 1960
- ⑪梅垣洋一郎, 他: 臨牀放射線, 7: 275, 1962
- ⑫戸塚忠政, 他: 臨牀放射線, 7: 642, 1962
- ⑬溝上長男: 信州医誌, 12: 430, 1963
- ⑭星野文彦, 他: 日医放誌, 23: 1208, 1964
- ⑮Knipping, H. W. et al: Munch. Med. Wochschr., 99: 46, 1957
- ⑯West, J. B. et al: J.

- Appl. Physiol., 15: 405, 1960 ⑮ Taplin, G. V. et al: J. Nucl. Med., 5: 259, 1964
- ⑯ Wagner, H. N. et al: JAMA, 187: 601, 1964
- ⑰ 上田英雄, 他: 最新医学, 20: 1718, 1965
- ⑱ Ball, W. C. et al: J. Clin. Invest. 41: 519, 1962 ⑲ Dollery, C. T. et al: Brit. Med. J.: 1006, 1962 ⑳ 金上晴夫, 他: 呼吸と循環, 14: 180, 1966 ㉑ 坪井榮孝: 日医放誌, 19: 1029, 1959 ㉒ 溝上登一: 信州医誌, 15: 509, 1966
- ㉓ 溝上登一: 信州医誌, 16: 75, 1967
- ㉔ Jacobaeus, H. C. J. J. Thor. Surg., 7: 235, 1938 ㉕ Fishman, A. P. et al: J. Clin. Invest., 34: 637, 1955 ㉖ 上田英雄, 他: 呼吸と循環, 14: 195, 1966 ㉗ Wagner, H. N. et al: Lancet, 344, 1965