

局 所 肺 機 能 の 研 究

第三編 肺気腫の局所換気機能

昭和41年12月1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 3. Regional Pulmonary Ventilation of Pulmonary Emphysema

Noboru Mizoue

Department of Internal Medicine, Faculty of Medicine,
Shinshu University

(Director: Prof. T. Tozuka)

I 緒 言

近年肺機能検査は高度の進歩を示し、各種胸部疾患の診断に大なる貢献をなしてきた。しかしながら肺気腫の診断に関しては、肺機能検査成績を主とする臨床診断と病理解剖学的診断とは一致しないことがしばしば経験される。

剖検によれば肺気腫における気腫性変化は必ずしも肺全体に均等にみられず、局所的に限局して現われる場合が多い。また重症例では全肺に気腫性変化がみられるが、各肺葉或いは各区分においてその進行程度がまちまちであることが指摘されてきている。それ故、最近局所肺機能の重要性が高まり、その検査に関する研究は Knipping^①らの Radioisotope を用いる方法、Small^②、Steiner^③、戸塚^④、星野^⑤らの光電管を用いる方法、Marchal^⑥、鈴木^⑦、梅垣^⑧らによる胸部X線フィルムの濃度を測定する方法等が次々と報告されてきた。著者は梅垣らの考案せるフィルム走査法により、肺気腫の局所換気機能を測定し興味ある結果を得たので報告する。本法の臨床応用への妥当性は第一編^⑨で報告し、左右肺活量比の測定法は第二編^⑩で報告した。

II 方 法

フィルム走査法については梅垣らの報告及び著者の既報に詳述したので、ここでは概略を述べる。その原理は吸気で増加し、呼気で減少する胸部X線フィルムの濃度の差を計測することにより肺の換気機能を測定しようとするものである。即ち、吸気時と呼気時に同一条件で背腹方向に撮影し、かつ現像した2枚のフィルムについて濃度差を、左右肺野別々に上肺野より順

次走査積算して、その値を記録させる方法である。この曲線より局所換気の状態が推定できることは既に報告した。フィルムは富士PX、増感紙は極光FSを使用し、撮影は島津嵯峨号蓄放式撮影装置で深吸気及び深呼気時に背腹方向に行い、Kodak MS自動現像装置で現像した。X線撮影条件は焦点フィルム間距離1.8m、電圧は60~55 kvの間で被撮影者の胸厚により適当に加減して定めた。

肺機能検査は Pulmotest (Godalt, Pulmoanalyser (Godalt)) を使用し、残気量はヘリウム閉鎖回路法によつて測定した。

III 対 象

信州大学医学部戸塚内科を訪れた患者及び松本市々立松風園の入園者のうち、胸部に肺気腫以外の異常所見がなく、1秒率70%以下で、その他臨床症状で肺気腫と診断された35例(男17例、女18例、年齢60~90才)を選んだ。

IV 成 績

フィルム走査曲線に現われた肺野の換気障害の部位によつて35例の肺気腫患者を以下に示す如く四群に分類した。換気障害の部位及び程度は、健康人のフィルム走査曲線(以下FSCと略す)と比較して判定した。

I 群

片側の全肺野、或いは片側の肺野に局所的に換気障害があり他の肺野は正常であるものを含む。6例がこの群に属した。

II 群

両側上、中、或いは下肺野に左右対称に換気障害がみられ、他の肺野は正常であるものを含む。この群に

は10例が属した。

Ⅲ群

肺野全体に換気障害がみられ、且つ片側肺野全体、或いは片側の肺野に局所的に特に換気障害の高度のものを含む。この群に属するものは11例であつた。

Ⅳ群

肺野全体に換気障害がみられ、且つ両側上、中、或いは下肺野に左右対称に特に換気障害が高度のものを含む。この群に属するものは8例であつた。

以上の如く肺気腫35例のFSCを4群に大別し、他の肺機能検査成績と比較検討することにより次のような結果を得た (Table 1)。

従来慢性肺気腫の気腫性変化は肺全体に瀰漫性に存在し、換気障害も当然それに従うものと一般に考えられてきたが、FSCによれば肺気腫における換気障害は瀰漫性に存在するものが35例中19例で57.3% (Ⅲ、Ⅳ群)、局在するものが35例中16例で42.7% (Ⅰ、Ⅱ群)であつた。瀰漫性に存在する19例のうちでⅢ群の11例 (31.4%)は換気障害の分布は瀰漫性であつても、その程度は均等でなく、換気障害及びその程度が均一である例はⅣ群の8例 (22.9%)のみであつた。

Ⅰ、Ⅱ群について換気障害部位を細別すると、中肺野及び下肺野にあるものが16例中9例 (56.3%)、上肺野及び中肺野にあるものが3例 (18.8%)、中肺野のみが4例 (25.0%)であり、障害部位が2箇所以上に分れて存在するものが症例8、10の2例にみられた。即ち中肺野及び下肺野に換気障害部位のみられる例が多く、56.3%と約半数を占めている。次にFSCによつて分けられた肺気腫四群の他の肺機能検査成績について検討を加えた。

肺気腫研究会の肺気腫の診断基準となつている1秒率についてみると、Ⅰ群の平均値は $65.0 \pm 3.6\%$ 、Ⅱ群 $53.3 \pm 5.8\%$ 、Ⅲ群 $39.5 \pm 4.4\%$ 、Ⅳ群 $34.5 \pm 3.3\%$ となり、Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ群の順位に1秒率は減少し、Ⅲ、Ⅳ群で特にその減少は高度である。

残気率は、Ⅰ群の平均値 $40.0 \pm 5.4\%$ 、Ⅱ群 $47.6 \pm 10.0\%$ 、Ⅲ群 $66.0 \pm 6.7\%$ 、Ⅳ群 $69.7 \pm 3.7\%$ とⅠ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ群の順に増加しているが、換気障害が全肺野にわたるⅢ、Ⅳ群で特に増加しており1秒率と同様の傾向がみられた。

肺活量は、Ⅰ群の平均値 $2910 \pm 398\text{ml}$ 、Ⅱ群 $2578 \pm 571\text{ml}$ 、Ⅲ群 $1675 \pm 458\text{ml}$ 、Ⅳ群 $1671 \pm 277\text{ml}$ でⅠ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ群の順に減少しているが、Ⅲ、Ⅳ群の減少は著しい。

年齢は、Ⅰ群の平均 70 ± 3.0 才、Ⅱ群 68 ± 1.4 才、Ⅲ

群 71 ± 3.7 才、Ⅳ群 70 ± 3.2 才で、年齢による影響はみられなかつた。

Fig. 1は35才、男、健康人のFSCである。左右ほぼ対称であり上肺野から下肺野にゆくに従つて換気量が次第に増加している。肺機能検査では肺活量 3900ml 、残気率22%、1秒率88%である。

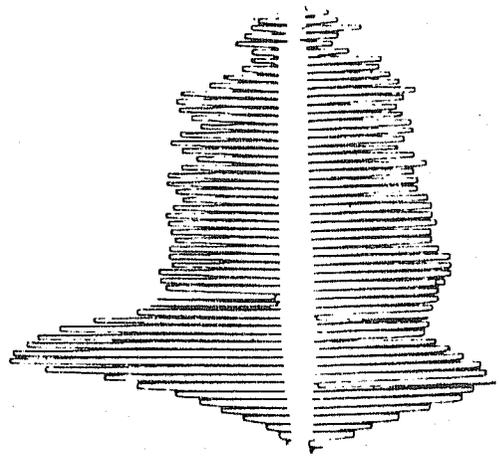


Fig. 1 Film scanning curves of normal subject

Fig. 2は69才、男、肺気腫 (症例4) のFSCで、Ⅰ群に属する。肺機能検査は肺活量 3120ml 、残気量 2520ml 、残気率45%、1秒率67%である。臨床症状は冬期になると咳嗽、喀痰がしばしば現われる。階段を昇る際に軽度の呼吸促進をおぼえる程度である。FSCでは右肺は殆んど正常の換気状態とみられるが左中肺野から下肺野にかけて限局した換気障害が推定される。

Fig. 3は70才、男、肺気腫 (症例15) のFSCでⅡ群に属する。肺機能検査は肺活量 2950ml 、残気量 2620ml 、残気率47%、1秒率52%である。臨床症状は一年間を通じ、咳嗽、喀痰がしばしば現われ慢性気管支炎様の症状を呈し、階段を昇る際には息切れがする。FSCでは左右中肺野に相当して換気低下部位が帯状に認められる。

Fig. 4は70才、女、肺気腫 (症例9) のFSCでⅡ群に属する。肺機能検査は肺活量 1820ml 、残気量 2900ml 、残気率61%、1秒率48%である。臨床的には冬期になるとしばしば感冒に罹患し易く、咳嗽、喀痰が長期にわたり現われる。坂道、階段を昇る際には息切れがする。FSCでは左右下肺野に限局して換気障害の存在が推定される。

Table 1. Pulmonary function of patients with pulmonary emphysema and groups separated by film scanning curves

| No. | Name | Age years | Sex | VC ml. | RV% per cent | TVC% per cent | Group |
|-----------|-------|-----------|-----|------------|--------------|---------------|-------|
| 1 | M. F. | 60 | ♂ | 3450 | 35 | 64 | I |
| 2 | M. T. | 77 | ♀ | 2690 | 40 | 66 | |
| 3 | K. Y. | 66 | ♀ | 2850 | 34 | 70 | |
| 4 | M. F. | 69 | ♂ | 3120 | 45 | 67 | |
| 5 | K. K. | 75 | ♀ | 2200 | 49 | 58 | |
| 6 | Y. K. | 72 | ♂ | 3150 | 37 | 65 | |
| Mean ± SD | | 70 ± 3.0 | | 2910 ± 398 | 40 ± 5.4 | 65 ± 3.6 | |
| 7 | M. M. | 72 | ♀ | 2220 | 55 | 51 | II |
| 8 | M. S. | 70 | ♀ | 1720 | 65 | 51 | |
| 9 | T. S. | 70 | ♀ | 1820 | 61 | 48 | |
| 10 | M. O. | 70 | ♀ | 2540 | 33 | 52 | |
| 11 | H. T. | 63 | ♀ | 2730 | 41 | 58 | |
| 12 | T. A. | 73 | ♂ | 2340 | 52 | 46 | |
| 13 | K. O. | 66 | ♂ | 3260 | 36 | 68 | |
| 14 | T. M. | 64 | ♀ | 2560 | 45 | 53 | |
| 15 | T. T. | 70 | ♂ | 2950 | 47 | 52 | |
| 16 | M. T. | 61 | ♂ | 3640 | 41 | 54 | |
| Mean ± SD | | 68 ± 1.4 | | 2578 ± 571 | 48 ± 10.0 | 53 ± 5.8 | |
| 17 | K. K. | 70 | ♂ | 2470 | 53 | 42 | III |
| 18 | T. T. | 79 | ♂ | 1850 | 67 | 43 | |
| 19 | G. K. | 64 | ♂ | 1920 | 62 | 37 | |
| 20 | K. I. | 64 | ♂ | 1710 | 69 | 38 | |
| 21 | S. M. | 73 | ♂ | 1800 | 65 | 46 | |
| 22 | S. A. | 60 | ♀ | 1370 | 70 | 39 | |
| 23 | I. S. | 75 | ♀ | 1900 | 57 | 40 | |
| 24 | A. S. | 75 | ♀ | 1290 | 69 | 40 | |
| 25 | Y. T. | 75 | ♀ | 980 | 74 | 33 | |
| 26 | S. F. | 65 | ♂ | 2180 | 63 | 44 | |
| 27 | S. Y. | 79 | ♀ | 950 | 77 | 33 | |
| Mean ± SD | | 71 ± 3.7 | | 1675 ± 458 | 66 ± 6.7 | 40 ± 4.4 | |
| 28 | K. T. | 69 | ♀ | 1320 | 70 | 38 | IV |
| 29 | Y. K. | 67 | ♂ | 1730 | 69 | 34 | |
| 30 | T. M. | 90 | ♀ | 1360 | 74 | 33 | |
| 31 | A. K. | 75 | ♀ | 1420 | 74 | 38 | |
| 32 | M. A. | 61 | ♂ | 2120 | 66 | 37 | |
| 33 | M. M. | 66 | ♂ | 2010 | 67 | 36 | |
| 34 | T. K. | 69 | ♂ | 1710 | 69 | 32 | |
| 35 | U. I. | 65 | ♀ | 1700 | 69 | 28 | |
| Mean ± SD | | 70 ± 3.2 | | 1671 ± 277 | 70 ± 3.7 | 35 ± 3.3 | |

Keys : VC = Vital Capacity

RV% = Residual Volume as a percentage of the Total Lung Capacity

TVC% = One second Forced Expiratory Volume as a percentage of the Forced Expiratory Volume

SD = Standard deviation

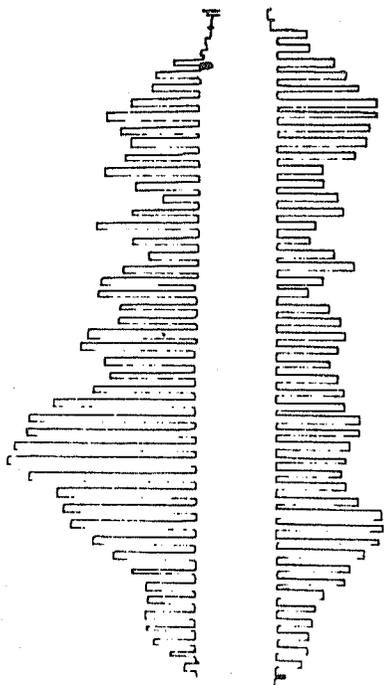


Fig. 2 Film scanning curves (group I) of patient with pulmonary emphysema

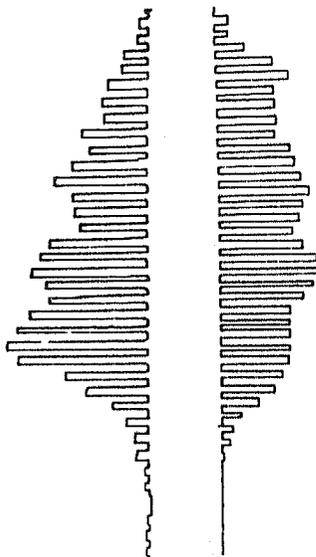


Fig. 4 Film scanning curves (group II) of patient with pulmonary emphysema

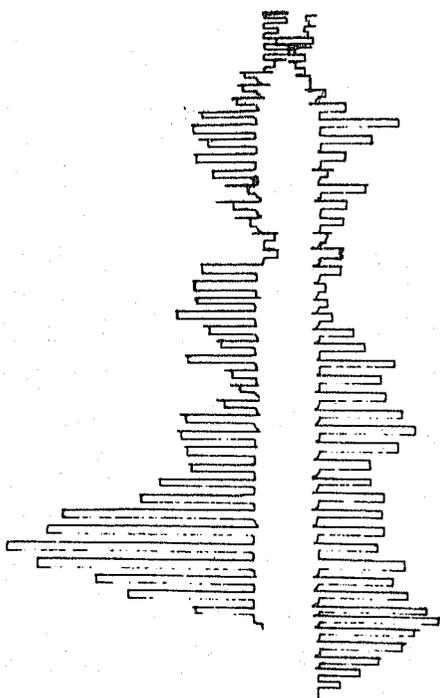


Fig. 3 Film scanning curves (group I) of patient with pulmonary emphysema

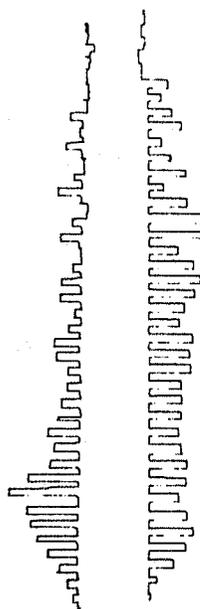


Fig. 5 Film scanning curves (group III) of patient with pulmonary emphysema

Fig. 5 は64才, 男, 肺気腫 (症例19) のFSCである。Ⅲ群に属し, 左右両肺野全体に換気の低下があり, 特に右上, 中肺野で著しい。肺機能検査では肺活量1920ml, 残気量3100ml, 残気率62%, 1秒率37%であり, 臨床的には咳嗽, 喀痰は少いが坂道, 階段を昇る際に息切れが強い。

Fig. 6 は79才, 女, 肺気腫 (症例27) のFSCである。Ⅲ群に属し, 左右両肺野全体に換気障害が認められ, 特に左肺野で著しい。肺機能検査では肺活量 950 ml, 残気量3200ml, 残気率77%, 1秒率33%である。臨床的には感冒に罹患し易く, 咳嗽, 喀痰が多く慢性気管支炎を伴い, 歩行時, 特に坂道を登る際には息切れが強い。

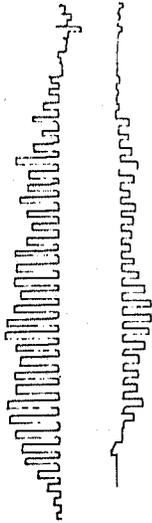


Fig. 6 Film scanning curves (group III) of patient with pulmonary emphysema

Fig. 7 は69才, 女, 肺気腫 (症例28) のFSCで, Ⅳ群に属し, 左右両肺野均等に換気が低下しているのが推定される。肺機能検査では肺活量1320ml, 残気量3420ml, 残気率70%, 1秒率38%である。臨床的には慢性肺性心及び肺性脳症の状態で, 咳嗽, 喀痰が多く, 歩行に際し呼吸困難があり, ときに口唇にチアノーゼが現われる。また頭痛, 頭重感が強い。

V 考 索

肺気腫において気腫性の病変は, 必ずしも瀰漫性でなく局所的に存在することがあり, 病変の進行程度も同一症例において一定でないことは, 従来より剖検の際にしばしば認められてきたことである。滝沢^⑫は肺

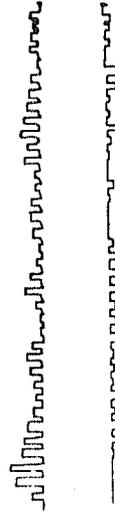


Fig. 7 Film scanning curves (group IV) of patient with pulmonary emphysema

機能検査成績より, 肺気腫と診断し得た症例の剖検所見を示し, 肺機能検査所見と剖検所見とが必ずしも一致しないことを強調し, 臨床的肺気腫と解剖学的肺気腫とは区別すべきであると主張している。これは従来肺機能検査は肺全体の機能を測定するものであつて, 局所的な気腫性変化は捕え難いという点も一因と考えられる。著者はフィルム走査法で肺気腫の局所換気状態を検索したところ, 換気障害は肺野の種々の部位に種々の程度に認められ, 便宜的に四群に分類した。肺気腫の換気障害部位が中肺野から下肺野に多く認められたことは, Ⅲ, Ⅳ群の重症肺気腫においては横隔膜の運動が抑制されていることを考慮に入ればほぼ理解できる。Ⅰ, Ⅱ群の軽症及び中等度の肺気腫にも同様にこの傾向がみられるが, これは健康者のFSCでも示されている如く, 中肺野から下肺野にかけての換気機能が大きいため早期にこの部位で気腫変化がおこるのではないかと推定される。肺機能検査成績は平均値では, Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ, Ⅳ群の順に1秒率は減少し, 残気率は増加している。特に病変が全肺野に及んでいるⅢ群, Ⅳ群では1秒率の減少, 残気率の増加が著しい。

Bentivoglio^⑬らも Knipping^⑭らにより開発された Isotopenthorakographie 法により肺気腫の局所換気機能を調べ, 換気障害の部位及び程度により5群に分けて検討している。彼らも局所的に換気障害があつて正常換気が残っている群では肺機能検査成績は軽度或いは中等度に低下するが, 全肺野に換気障害が認

められる群では肺機能検査成績はより高度に低下すると報告し、著者の成績とほぼ一致している。このことは気腫性病変のある部位で低下している機能が他の健常部において代償されていると考えれば理解される。

肺気腫研究会の肺気腫診断基準で“suspected (1秒率55~70%)”に属するものは、殆んどがⅠ群に属し、“highly suspected (1秒率55%以下)”に属するものはⅡ群以上に属し、1秒率が減少するに従って換気障害部位も広範囲になることは興味深い。本研究では1秒率70%以下のものを肺気腫として検査の対象にしたが、1秒率70%以上のもの中にも気腫性変化が局所的に存在するⅠ群に相当するものが含まれる可能性があり、この点に関しては今後なお研究を続けたい。

以上、肺気腫の局所換気についての研究を報告した。フィルム走査法は未だ完成された方法ではないが、肺の部位別の換気機能を良く知ることができ、肺気腫の診断特に肺気腫の早期発見には有力な方法であると思われる。

VI 結 論

フィルム走査法により35例の肺気腫患者の局所換気機能を測定し、次の結果を得た。

1. 肺気腫の換気障害は必ずしも瀰漫性に現われず局所的に現われるものがある。

2. 換気障害の存在部位により肺気腫を四群に分けた。

Ⅰ群：片側の肺野に局所的に換気障害があり他の肺野は正常であるもの。

Ⅱ群：両側肺野対称に換気障害があり他の肺野は正常であるもの。

Ⅲ群：肺野全体に換気障害がみられ、且つ片側肺野に局所的に換気障害が特に強いもの。

Ⅳ群：肺野全体に換気障害がみられ、且つ両側肺野局所的に左右対称に換気障害の強いもの。

35例中16例(42.7%)がⅠ、Ⅱ群に属し、19例(57.3%)がⅢ、Ⅳ群であつた。

3. 換気機能の低下を部位別にみると、上及び中肺野のもの、中肺野のみのももみられるが下肺野から中肺野に限局しているものが56.3%で約半数を占めた。

4. 残気率及び1秒率を各群別にみると

| | 残気率(%) | 1秒率(%) |
|----|-----------|----------|
| Ⅰ群 | 40.5±5.4 | 65.0±3.6 |
| Ⅱ群 | 47.6±10.0 | 53.3±5.8 |
| Ⅲ群 | 66.0±6.7 | 39.5±4.4 |
| Ⅳ群 | 69.7±3.7 | 34.5±3.3 |

となり、換気障害範囲が拡大するにつれて1秒率は減少し、残気率は増加した。特にⅢ、Ⅳ群ではこの傾向が著しい。

フィルム走査法は肺気腫の局所換気機能を可成り良く知ることができ、肺気腫の診断に有力な方法である。

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回内科学会総会に於て発表した。

文 献

- ①Knipping, H. W., et al. : Zeitschr. Tbc., 111 : 259, 1958
- ②Small, J., et al. : J. A. M. A., 181 : 884, 1962
- ③Steiner, R., et al. : Lancet, 7159 (II) : 1051, 1960
- ④戸塚忠政・他：臨床放射線, 7 : 642, 1962
- ⑤星野文彦・他：日医放誌, 23 : 1208, 1963
- ⑥Marchal, M., et al. : Thorax, 20 : 428, 1965
- ⑦鈴木邦彦：日医放誌, 20 : 314, 1960
- ⑧梅垣洋一郎・他：日医放誌, 25 : 169, 1965
- ⑨溝上登一：信州医誌, 15 : 503, 1966
- ⑩中村隆・他：呼吸と循環, 13 : 510, 1965
- ⑪滝沢敬夫：日本臨牀, 21 : 655, 1963
- ⑫Bentivoglio, F. B., et al. : Amer. Rev. Resp. Dis., 88 : 315, 1963