

原 著

胸部間接撮影フィルムからの肺機能評価

樋 代 昌 彦

信州大学医学部第一内科学教室 (主任: 戸塚忠政教授)

ESTIMATION OF PULMONARY FUNCTION BY CHEST ROENTGENOGRAMS OF SMALL SIZE

Masahiko HIDAI

Department of Internal Medicine, Faculty of Medicine,

Shinshu University

(Director: Prof. T. Tozuka)

Key words: 肺機能 (pulmonary function), 胸部レ線像 (chest-roentgenogram) 10, 20

緒 論

近年レ線診断学の進歩とともに胸部写真も形態的のみならず臨床生理学的に基づいた機能的診断に応用され、肺機能の測定に用いられるようになった。レ線フィルムの肺機能測定への応用は古く1933年Hurtard(1)により始められ、レ線写真上の肺野面積の計測により各種の肺気量を算出した。1950年代にはKovach(2)、60年にはBarnhard(3)の優れた計測方法が報告された。著者は間接撮影フィルムを用いて集団検診時の肺機能のスクリーニング法への応用を試み、良好な成績を得たので報告する。

対 象

長野県の某農村の村民1480名を対象とし、問診および胸部レ線写真により肺結核症、肺腫瘍、肺炎、肺化膿症、気管支拡張症、胸部手術を施行した者、

心疾患に罹患している者などを除外した1319名を計測の対象とし、そのうちわけは年齢20才以上の男子540名、女子779名である(表1)

方 法

(1) 呼吸器系疾患調査票への記録、および問診
あらかじめ検査対象者に呼吸器系疾患調査票(氏名、性、年齢、身長、体重の記録、咳嗽、喀痰息切れ、喘鳴などの有無、また肺炎、肺結核、肋膜炎、気管支炎、気管支喘息、咯血、心異常などの既往の有無の記録)に記入させ、検査施行時にその内容の確認を行なった。

(2) 胸部レ線写真の撮影方法

レ線装置は日立シリウス間接撮影装置を用い、管球、蛍光板距離80cm、蛍光板、カメラレンズ距離75cm、フィルムは富士F X60mm×60mmを使用した。撮影は正面背腹方向と側面右→左方向について、深吸気位と深吸気位の2位相で行なった。

(3) レ線フィルムの計測部位とレ線の肺気量の算出方法

フィルムの計測は正面像と側面像の深吸気、深吸気2位相について行なった。計測部位は図1に示すごとく、正面レ線写真の左右肋骨横隔膜角を結ぶ線の長さを計測し胸廓横径Wとし、左右肺尖を結ぶ線とWまでの距離を計測し胸廓の高さHとした。側面レ線写真については胸骨横隔膜角から胸椎前縁と横隔膜の交叉する点までの距離を計測して胸廓前後径とした。肺野を長径2H、短径Wよりなる楕円の

表 1 調 査 対 象

年齢 \ 性	男	女
20 ~ 29	16	27
30 ~ 39	194	234
40 ~ 49	148	260
50 ~ 59	98	170
60 以上	84	88
小 計	540	779
総 計	1319	

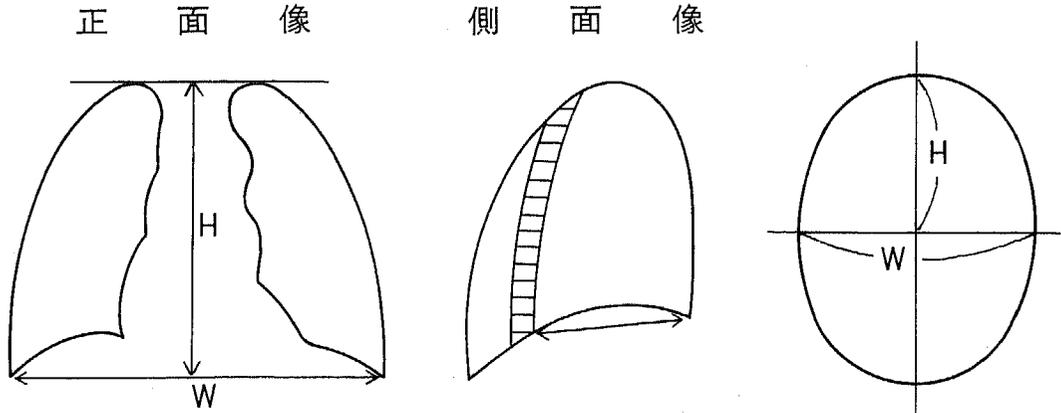


図 1 計 測 部 位

表 2 検 査 結 果

	対 照 群 男 44例 女 56 計 100		肥 満 群 男 20例 女 25 計 45		肺 気 腫 群 男 30例 女 36 計 66		単 位
	平均値±標準偏差	範 囲	平均値±標準偏差	範 囲	平均値±標準偏差	範 囲	
TLC	34.2±7.0	58~16	32.6±6.9	48~21	32.7±10.5	58~17	ml
レ線RV	23.8±6.0	38~11	24.2±5.9	39~15	24.8±8.27	47~15	〃
線VC	10.4±3.0	20~4	8.4±4.2	20~1	7.7±3.5	14~1	〃
的RV/TLC	69.7±6.2	81~52	74.4±10.7	97~47	76.0±7.5	92~60	%
計高さの変化	0.21±0.11	0.5~0	0.26±0.12	0.6~0	0.19±0.14	0.8~0	cm
測前後径の変化	0.65±0.24	1.3~0.3	0.52±0.26	1.1~0.1	0.43±0.24	1.0~0.1	〃
換算VC	0.30±0.15	0.8~0.1	0.26±0.11	0.5~0	0.24±0.10	0.6~0.1	〃
換算VC	2.2±0.78	4.3~0.9	1.8±0.91	4.3~0.2	1.6±0.74	3.7~0.2	ℓ
バVC	2.83±0.61	4.2~1.5	2.34±0.61	3.6~1.3	2.29±0.46	3.7~0.9	ℓ
イFEV 1.0'	2.30±0.65	3.8~1.2	1.84±0.57	2.9~1.0	1.38±0.40	2.5~0.6	〃
テFEV 1.0'/VC	80.7±7.9	92~57	79.1±9.6	94~53	60.2±7.6	69~41	%

1/2よりなるものとみなせば、肺野面積は次式に従って求められる。(図1)

$$\begin{aligned} \text{肺野面積} &= \pi \times W / 2 \times H \times 1 / 2 \\ &= W \times H \times 0.7854 \end{aligned}$$

この肺野面積に側面写真の計測によりえられた前後径を乗じて算出したものを胸腔容量とした。深吸気位相における胸腔容量をレ線の全肺気量(TLC)、深呼気位相における胸腔容量をレ線の残気量(RV)とした。従ってレ線の残気率はRV/TLC×100によって得られる。またレ線の肺活量VCはTLCとRVの差を算出することにより得られる。

(4) 実測肺機能

実測肺機能は Vitalor により肺活量(V, VC)と1秒量(FEV 1.0')および1秒率(%FEV 1.0')を測定した。検査は同一被検者に3回施行し、その最高値を用いた。

結 果

(1) 問診およびレ線写真により肺に著明な異常所見のある者を除外した1319名について無差別的に100名選んで対照群とした。そのうちわけは男44名、女56名である(表2)。対象群について全肺気量

(TLC), 残気量 (RV), 肺活量 (VC), 換算した肺活量 (換算VC), レ線の残気率 (RV/TLC×100) および深呼吸に際し増減する胸廓横径, 胸廓高さ, および胸廓前後径を計測した。また実測肺活量 (V.VC) 1 秒量 (FEV_{1.0}), 1 秒率 (%FEV_{1.0}) を同時に測定した。対照群では深吸気と深呼気における胸廓横径の差は0.5cmから0の範囲にあり平均0.21cm, 標準偏差±0.11cmであった。胸廓高さの差は1.3cm~0.3cmの範囲にあり平均0.65cm±0.24cmであった。胸廓前後径の差は0.8cmから0.1cmの範囲にあり平均0.30cm±0.15cmであった。レ線の全肺気量は20mlから4mlの範囲にあり平均10.4ml±3.0mlであった。対照群100名の Vitalor により測定した肺活量は平均2.83ℓ±0.61ℓ, 1 秒量は2.30ℓ±0.65ℓ, 1 秒率は80.7%±7.9%であった。以上の計測値よりレ線の肺活量と Vitalor により測定した肺活量との関係と図2に示すようになり, 相関係数は0.73であった。

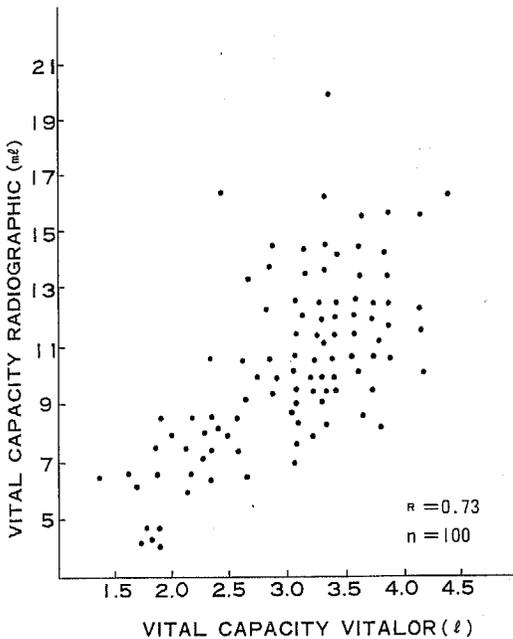


図2 対照者群レ線肺気量と実測肺気量の関係

(2) 肥満者の呼吸運動に伴う胸廓の動きについて。

問診および胸部レ線写真に局所的な異常所見を認めない1319名中より比重体130%以上の肥満者を選び, それらについて呼吸に伴う胸廓の動きを検討した。肥満例は(表2)に示すごとく, 総数45と

となりそのうちわけは男20名, 女25名であった。胸廓横径は深吸気の状態でも大きく, 深呼気の状態でも小さくなるものが41例で大多数を占め, 深呼吸により変化を示さないものが4例認められた。フィルムの実測値で示せば0cmから0.6cmの間に分布し, 平均0.26cm, 標準偏差は0.12cmとなった。胸廓の高さは深呼気の状態でも最も短く, 深吸気の状態でも長くなり, その分布は0.1cmから1.1cmの間に分布し, 平均は0.52cm±0.26cmであった。胸廓の前後径は前二者と同様に深呼気の状態でも最も短く, 深吸気で最も長くなり0~0.5cmに分布し平均は0.26cm±0.11cmであった。肥満者45例の胸廓横径, 高さ, および前後径はいずれも深吸気の状態で最大となり逆に減少を示すような奇異運動を示す例は認められなかった。

(3) 肺気腫例の吸呼運動に伴う胸廓の動きについて。

問診および胸部レ線写真に局所的な異常所見を認めない1319例中より, 肺気腫研究会の肺気腫診断基準に従い, 1 秒率70%以下の者を肺気腫として選び, その中で45才以上の者66例(男30例, 女36例)を対象とした。肺気腫例の深呼吸に伴う胸廓横径の動き, 胸廓高さおよび胸廓前後径の変化のフィルム実測値は表2のごとくである。即ち胸廓横径は深呼吸で最小となり, 深吸気で最大となり, その値の分布は0cmから0.8cmの間にあり平均0.19cm±0.14cmである。深呼吸により胸廓横径の変化が全くみられないものが5例認められた。胸廓高さは深呼吸で最小となり深吸気で最大となり, 深呼吸で変化する量の実測値は0.1cm~1.0cmに分布している。その平均値は0.43cm±0.24cmであり全例が深呼吸により変化を認めている。胸廓前後径も前二者と同様に深呼吸で最小となり深吸気で最大となり深呼吸により変化する長さは0.1~0.6cmにわたりその平均値は0.24cm±0.1cmであった。

(4) 肥満者群, 肺気腫群および対照者群の深呼吸に伴う胸廓の動きおよび肺機能

肥満者群45例, 肺気腫群66例, 対象群100例について胸廓の呼吸に伴う動きについて述べる(表2)。深呼吸による胸廓横径の動きをフィルム実測値で表わせば肥満群が平均0.26cm, 対照群が0.21cmで, この両群の間には有意の差が認められた。(危険率 $\gamma = 0.05$)。また肺気腫群はさらに動きが少く0.19cmであった。肥満群が対照群の動きよりも大きく肺気腫群が最低の動きを示している。深呼吸に伴う胸廓の高さの動きはフィルム実測値で表わせば, 対照群が

平均0.65cm, 肥満群が0.52cmであり肺気腫群では0.43cmであった。対照群と他の2群の間には有意の差が認められた。(危険率 $\alpha = 0.05$)。深呼吸による廓前後径の動きはフィルム実測値で表わせば、対照群が0.30cm, 肥満群が0.26cmで、肺気腫群は0.24cmであった。前後径の動きについて対照群と肥満群の間には有意差を認めないが、前者と肺気腫群の間には有意の差を認めた(危険率 $\alpha = 0.05$)。以上の値より肥満群の深呼吸時における胸廓運動をみるとし、胸廓上下、即ち横隔膜上下運動は抑制され、その代償として胸廓左右への拡大があるものとみられる。肺気腫群の深呼吸における胸廓運動は横径、前後径高さともに抑制されている。対照群では深呼吸時には胸廓高さの動きが他の2群に比し大きい点が注目される。Vitalor で実測した肺機能は対照群において肺活量が平均 $2.83 \text{ l} \pm 0.61 \text{ l}$, 1秒率が平均 $80.7\% \pm 7.9\%$ であった。肥満群では肺活量が平均 $2.34 \text{ l} \pm 0.61 \text{ l}$ で、1秒率が平均 $79.1\% \pm 9.6\%$ であった。肺気腫群では肺活量が平均 $2.29 \text{ l} \pm 0.46 \text{ l}$, 1秒率が平均 $60.2\% \pm 7.6\%$ であった。実測肺活量において

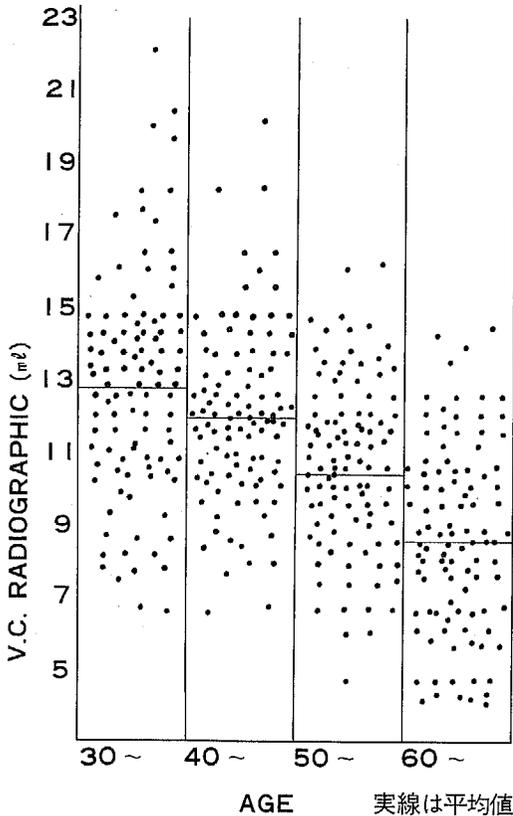


図3 レ線肺活量と年齢の関係

対照群と他の2群の間に有意差がみられた(危険率 $\alpha = 0.05$)。一方レ線的に計測した肺活量は対照群で平均 $10.4 \text{ ml} \pm 3.0 \text{ ml}$, 肥満群で平均 $8.4 \text{ ml} \pm 4.2 \text{ ml}$, 肺気腫群で平均 $7.7 \text{ ml} \pm 3.5 \text{ ml}$ となり、Vitalor により測定した肺活量と同様の傾向を得た。またレ線的に算出された残気率は対照群が平均 $69.7\% \pm 6.2\%$, 肥満群が平均 $74.4\% \pm 10.7\%$, 肺気腫群が $76.0\% \pm 7.5\%$ となり、肺気腫群が最高値を示し、肥満群、肺気腫群は対照群との間に有意差を認めた(危険率 $\alpha = 0.05$)。

(5) レ線の肺活量およびレ線の残気率と年齢との関係

検査対象者より胸部レ線写真に異常所見を有しない1319名中より無差別的に各年代50名ずつ選び、年齢とレ線の肺活量およびレ線の残気率との関係を調べた。レ線の肺活量は図3に示すように30~39才の平均が 12.7 ml (換算VC 2.7 l), 40~49才は 11.9 ml (換算VC 2.6 l), 50~59才の平均 10.3 ml (換算VC 2.2 l), 60才以上の平均 8.5 ml (換算VC 1.8 l)であった。レ線の残気率は図4のごとく30~39才の平均が 63.0% , 40~49才の平均 63.6% , 50~59才の平均 67.2% , 60才以上の平均 68.4% となりレ線の肺活量は加齢とともに減少し、レ線の残気率は逆に加齢とともに増加している。

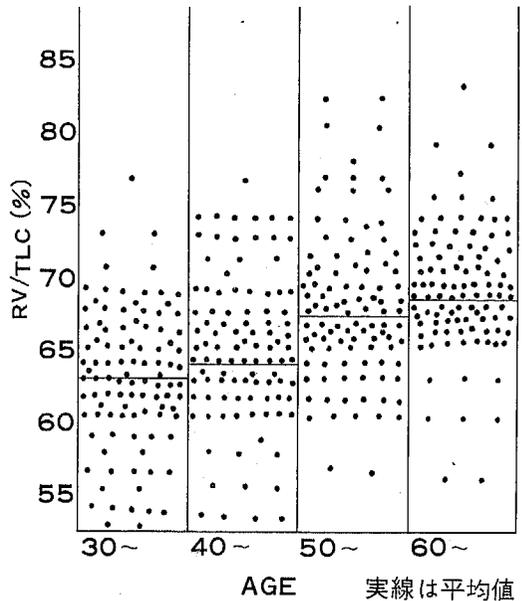


図4 レ線の残気率と年齢の関係

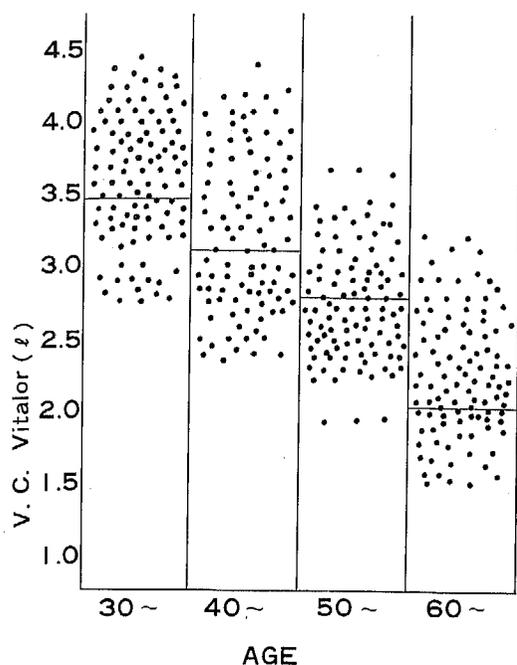


図5 実測肺活量と年齢の関係

Vitalor による実測肺活量は30~39才までが平均3.45 l, 40~49才までが平均3.09 l, 50~59才までが平均2.71 l, 60才以上が平均 2.02 l であった(図5) これはレ線の肺活量と同様に加齢とともに減少傾向がみられた。

考 察

レ線の肺機能検査法は1918年 Lungsgard(4), Vanslykeらによる胸部外面の計測から肺の容量を決めようとする試みに発している。その後, Binger, Brow(5)らはレ線的に肺容量を決めようとする場合に胸部外面の測定のみでなく, 横隔膜の動きを重視し, 測定因子に取り上げた。1933年 Hurtardo, Fray(1)らはBinger(5)らの方法にさらに改良を加え, 胸部外面の計測と胸部レ線写真の計測より全肺容量残気量の測定を試みている。1950年代にはChoen(6), Wade, Gilson(7), Cobb(8), Rushing(9), Kovach(2), Ville(10)らによりレ線の肺機能の研究も精度の高いものへと次第に開発されてきた。例えば Wade(7)らはレ線的全肺気量と実測肺気量との間に相関係数0.82, Cobb(8)はレ線の肺活量と肺活量との間に0.90という高い相関係数を得ている。Rushing(9)は深吸

気時と深呼吸時の正側4枚の胸部レ線写真を撮影し骨性胸廓について各種の計測を行ない, レ線の肺活量, 残気量, 残気率等を算出した。胸廓各計測部位の深吸気時の値と深呼吸時の値の比は残気率とほぼ平行し, レ線の肺活量も実測肺活量と殆ど一致したと報告している。彼は胸部正面レ線像を楕円(短径:左右肋骨横隔膜角を結ぶ線, 長径:第1胸椎棘突起の高さから左右肋骨横隔膜角を結ぶ線までの距離の2倍)の半分とみなし, その面積に胸廓前後径し側面写真の第8胸椎棘突起上前縁から胸骨までの距離)を乗じて胸腔容量としている。著者の方法もこれに類似するが正面像から肺野面積を求めるにあたり短径はRushing法と同じであるが, 長径は左右肺尖を結ぶ線より短径に垂線を下し, この2倍を長径とした。また側面レ線像でみられる胸骨横隔膜角と, 胸椎前縁と横隔膜の交差点までの長さを胸腔前後径とし, 胸腔容量を求めた。本法はRushingの方法とやや異なるが, 60mm×60mmという小さな間接撮影フィルムを使用する場合にはRushingの方法より本法の方が利点が多いと思われる。すなわち, Rushingの方法の計測部位を間接撮影の小さなフィルムで測定しようとすれば測定部位が定め難く, そのため測定誤差を大きくする危険がある。また集団検診における肺機能スクリーニング法への応用という点では, 本法のほうが簡便で能率的と思われる。以上の方法ではいずれも縦隔洞, 心臓, 椎体等の体積を考慮に入れていないが, Kovach(2)はこれらの体積を除外してレ線的全肺気量を求め実測値と比較し0.7%の誤差しかなかったと報告している。Barnhard(3)も胸廓を5本の円柱の積み重ねとみなして, 胸部レ線写真より胸廓体積を計測し, これより心臓の体積を減じて全肺気量とし, 実測値との間に0.88という高い相関係数を得ている。同様に Hyman(11)も心臓の体積を除外してレ線的全肺気量を求め, 実測全肺気量と比較し, 両者の間に相関係数0.83という高い相関を認めている。O'shea(2)は1970年に Kovach法と Barnhard法の両者を用いてレ線的全肺気量を求め実測値と比較したところ, 後者の方がより実測値に近いことを証明した。本邦では西本, 河面(13)らが Kovach, Barnhardらの方法に改良を加え, レ線的全肺気量を求め, He閉鎖回路法により求めた全肺気量と比較し, 互いに近似した値を得たと報告している。

著者の方法では縦隔洞および心体積などを考慮していないので本法で全肺気量, 残気量などの絶対量を求める場合には誤差の介入する危険がある。従ってこの危険を避けるために本法では肺活量と残気

率の測定を目的とした。すなわちレ線の肺活量は深吸気位相の胸腔容量と深吸気位相の胸腔容量の差で表わされるため縦隔洞および心体積は互いに差し引きされるので誤差の介入する危険は少ななる。従って本法によるレ線の肺活量と実測肺活量との間には、0.73という高い相関係数が得られたものと考えられる。

レ線の残気率は深吸気位相の胸腔容量と深吸気位相の胸腔容量の比で表わされるので縦隔洞および心体積の影響をうけて実測残気率より大きな値となるが、各個体を比較検討する際にはあまり問題とならない。本法によるレ線の残気率は対照群で平均69.7%と高値をとっているのも以上の点が原因と考えられ、このことは従来のレ線の肺機能測定法全般についていえることであり、Rushingらの報告についても同様の傾向がみられる。本法ならびにRushingその他の多くの報告では左右横隔膜ドームの下の体積が計測されていない。この体積は深吸気で横隔膜が平低化し、深吸気で膨隆するため著しく変動するものと考えられる。この点などもレ線残気率が実測値に比し高値を示す一つの原因と考えられる。

次に肥満者と肺機能の関係について考察を加える。本研究では比体重(体重実測値/理想体重×100)130%以上を肥満者として扱った。肥満者では実測肺活量と1秒率が軽度低下し、レ線の肺活量でも同様の傾向がみられる。本邦の鈴木(14)は肥満者の肺機能を調べた場合に深吸気、深吸気2位相のみの写真では不充分であると主張している。彼によれば肥満者には息苦しさを訴えるものが多いが深吸気位、および深吸気位の2相の写真をみれば健康人となら異るところを認めない。つまり肥満のため横隔膜が腹部より圧迫を受け横隔膜運動が障害され、常に呼気の状態にあるからだと主張している。このため肥満者の肺機能をレ線写真より論ずる場合は平静呼吸位での撮影が必要であると主張している。著者の成績によれば肥満者の深吸気時における横隔膜運動は明らかに制限をうけており、この点は鈴木(14)の報告に反するものである。横山(15)によれば肥満者は肺活量の減少、残気率の上昇、1秒率の上昇などの拘束性換気障害を示すと述べ、その原因として肥満による横隔膜の挙上、或いは運動制限、腹壁筋の弛緩、胸廓の運動障害などを挙げており、横隔膜の運動制限の存在は著者の成績と一致する。しかし胸廓の運動障害とは、どのような動きの制限であるか、その詳細は不明であるが、著者の成績によれば胸廓前後径の動きは対照群よりもやや劣るが胸廓横径の動きは対

照群よりも大きい動きを示している。この結果は肥満者は対照群よりも胸式呼吸にゆだねているといえる。中野(16)らは肥満者では残気量の軽度増加および肺活量の減少は普通にみられ、予備呼吸量は体重の増加とともに減少すると述べ、その理由として、肥満による横隔膜運動の制限を挙げ、著者の成績に一致している。

次に肺気腫の呼吸に伴う胸廓の動きを考察してみる。肺気腫のレ線所見は(17)骨接胸廓の変化として、肋骨の挙上、肋間腔開大、鎖骨挙上、樽状胸廓肺野の変化として透過性増大、Horzknecht症候、胸骨後腔開大、横隔膜低位、扁平化、肋骨横隔膜角45以上、滴状心などが一般に挙げられている。著者は45才以上で肺気腫研究会で定めた診断基準(18)、1秒率70%以下の者について呼吸に伴う胸廓の動きを検討した。その成績を対照群と比較すると胸廓の動きは、高さ、横径、前後径ともに抑制され、とくに横隔膜の動きを表わす高さの変動が少い、また横隔膜の動きの抑制が著しかった肥満者群と比較してみると、肥満者の横隔膜の動きの減少は胸廓横径の動きが増加することによって代償されているが、肺気腫では胸廓の高さ、横径、前後径のすべての動きが抑制を受けているのが特徴的である。Grossman, Herxheimer(19)は1948年に肺気腫の横隔膜の呼吸性移動は健康者に比し減少するが、その減少の程度と肺気腫との症度との間にも密接な関係を認めている。Frik(20)らも肺気腫レ線検査のうちで最も信頼性のあるのは、横隔膜の動きの減少、扁平化、肋骨横隔膜角の増加の三者であり、これが肺機能検査成績と極めてよく相関することを示した。

Kallinowski(21)らは胸骨後腔、心後腔の呼吸性変化を挙げ胸骨後腔の拡大、透過性の亢進は本症の診断の一つにされているが、彼等は心後腔の変化も注目し、胸部側面レ線写真上心後壁、胸椎前縁、横隔膜に囲まれた三角が健康者では深吸気時のみ認められ呼気時には消失するか、不鮮明になるが肺気腫群では2位相の写真に差のないことを述べ、変化に応じて肺機能検査と対比させると重症度に極めて平行したと述べている。

肺活量は年齢に負の相関を有し、加齢とともに減少する。本法により測定したレ線の肺活量と年齢の関係をみるとVitalorで測定した肺活量と同様加齢とともに減少した。

結 語

胸部間接撮影フィルム(深吸気、深吸気時各々

正側1枚づつ撮影,計4枚)の幾何学的計測を行ない,肺機能を推定し,集検時の肺機能スクリーニング法への応用を試みた。

(1) 長野県某農村の村民1480名より肺に明らかな異常所見のある者を除外した1319名中より無差別に選んだ100名について本法によるレ線の肺活量を求め,Vitalorにより測定した肺活量との相関を求めたところ相関係数0.73であった。

(2) 肥満者の呼吸運動に伴う胸廓の動きは,横隔膜の動きが制限されて小さく,胸廓横径の動きが大きくなりこれを代償している。

(3) 肺気腫の呼吸運動に伴う胸廓の動きは,横隔膜の動き,胸廓横径および前後径いずれも小さくとくに横隔膜の動きの減少は著しい。

(4) レ線的肺活量と加令の関係はVitalorにより測定した肺活量と同様加令とともに減少をみた。

(5) レ線的残気率と加令の関係をみるとレ線の残気率は加令とともに増加する傾向にあった。

(6) 以上胸部間接撮影フィルムを利用した肺機能測定のための本法は集検時の肺機能のスクリーニングとして利用し得るものと考えられる。

文 献

- 1) Hurtad, A. and Fray, W.: Studies of pulmonary capacity and its subdivisions. II Correlation with physical and radiological measurements. J. Clin. Invest., 12: 807-823, 1933
- 2) Kovach, J.C. Avedian, V. Morales, G. and Poulos, P.: Lung compartment determination, J. Thoracic Surg., 31: 452-457, 1956
- 3) Barnhard, H.J. Pierce, J.A. Joyce, J.W. and Bates, J.H.: Roentgenographic determination of lung capacity, Amer. J. Med., 28: 51-60, 1960
- 4) Lundsgaard, C. and Van Slyke, D.D.: Studies of lung volume. Relation between thorax size and lung volume in normal adults. J. Exper. Med., 27: 65-86, 1918
- 5) Binger, C. A.L. and Brow, G.R.: Studies on the respiratory mechanism in lobar pneumonia. A study of lung volume in relation to the clinical course of the disease. J. Exper. Med., 39: 677-705, 1924
- 6) Cohen, A.G. and Geffen, A.: Roentgenographic methods in pulmonary disease. Amer. J. Med., 10: 375-385, 1951
- 7) Ward, O.L. and Gilson, J.C.: The effect of posture on diaphragmatic movement and vital capacity in normal subjects with anote on spirometry as an aid in determining radiologic chest volumes. Thora, 6: 103-126, 1951
- 8) Cobb, S. Blodgett, D.J. Olson, K.B. and Stranahan, A.: Determination of total lung capacity in disease from routine chest roentgenograms. Amer. J. Med., 16: 39-54, 1954
- 9) Rushing, J.B.: A method of estimating pulmonary disease from inspiration and expiration roentgenograms of the lungs: Its application to the evaluation of emphysema. Ann. Allerg., 13: 576-585, 1955
- 10) Autio V.: Bronchspirometric studies relating to a radiographic method for determining differential vital capacity, Acta. Med. Scand., 158: 1-104, 1957
- 11) Gildenhorn, H.L. and Hallett, W.Y. An evaluation of radiological methods for the determination of lung volumes, Radiol. 84: 754-756, 1965
- 12) O'shea, J. Lapp, N.L. Russakof, A.D. Reger, R. and Morgan W.K.C.: Determination of lung volumes from chest films. Thorax, 25: 544-549, 1970
- 13) 西本幸男, 河面博久: レ線学的肺気量の検討, 日胸誌, 7: 326-327, 1969.
- 14) 鈴木邦彦: 機能的に観た肺X線診断に関する研究, 日本医放会誌, 20: 314-323, 1960
- 15) 横山哲朗: 肥満者の肺機能に関する研究, 呼吸と循環, 6: 496-501, 1958
- 16) 中野実: 肥満症における肺機能障害, 日胸臨誌, 25: 594-601, 1966
- 17) 中村隆, 滝沢敬夫: 慢性肺気腫のレ線診断, 日胸臨誌, 21: 1-7, 1962
- 18) 中村隆, 滝島任: 慢性肺気腫の診断基準, 呼吸と循環, 13: 510-512, 1965
- 19) Grossmann, M. und Herxheimer H.: Radiological determination of the level of the diaphragma in emphysema, Brit. J. Radiol., 21: 446-448, 1948
- 20) Frik, W. Hesse R. und Zeiihofer R.: Die

Röntgendiagnostik des Lungenemphysem Ver-
gleiche mit Spirometrischen und Blutgasa-
nalytischen Untersuchungen, Fortschr. Rönt-
genstr., 88(2) : 125-161, 1958

- 21) Kalliowski, G. Lichterfeld A. und Spengier,
F. : Röntgenologisches Verfahren zur Beur-
teilung des Emphysemschweregrades zur
Beurteilung des Emphysemschweregrads,
Fortschr. Roentgenstr., 90 : 53-61, 1959
(1971. 10. 20. 受稿)