

原 著

肺結核後遺症における肺循環動態と胸部 X 線所見との  
関連性について

安 田 順 一 ・ 岡 田 修 ・ 栗 山 喬 之

千葉大学医学部肺癌研究施設内科

長 尾 啓 一

千葉大学保健管理センター

山 岸 文 雄

国立療養所千葉東病院呼吸器科

橋 爪 一 光

県西部浜松医療センター呼吸器科

鈴 木 光

東京都立府中病院呼吸器科

受付 平成 5 年 11 月 24 日

受理 平成 6 年 3 月 17 日

THE RELATIONSHIP BETWEEN PULMONARY HEMODYNAMICS  
AND CHEST X-RAY FINDINGS IN PATIENTS WITH  
SEQUELAE OF PULMONARY TUBERCULOSIS

Jun-ichi YASUDA<sup>\*</sup>, Osamu OKADA, Takayuki KURIYAMA,  
Keiichi NAGAO, Fumio YAMAGISHI, Ikko HASHIZUME  
and Akira SUZUKI

(Received 24 November 1993/Accepted 17 March 1994)

For better understanding of pathophysiological aspects of tuberculosis sequelae, we investigated the relationship between pulmonary hemodynamics and chest X-ray findings.

One hundred and seven patients with sequelae of pulmonary tuberculosis were examined by the right cardiac catheterization, and pulmonary hemodynamic values were measured and calculated.

Chest X-ray findings were defined and classified into the following five items. The

---

\* From the Department of Chest Medicine, Institute of Pulmonary Cancer Research, School of Medicine, Chiba University, 1-8-1 Inohana, Chuo-ku, Chiba 260 Japan.

items were emphysematous change ; fibrosis, bronchiectasis and/or cavity (hereafter abbreviated as "fibrosis") ; pulmonary resection and/or atelectasis ; pleural thickening ; and thoracoplasty. The extent of each finding was defined.

We tried to describe chest X-ray findings by applying and categorizing these classifications and the extent to each case.

First, we tried to estimate the grade of pulmonary hypertension by categorized X-ray findings. Further, we analyzed what kinds of findings were most influential on the increase of pulmonary artery mean pressure ( $\bar{P}_{PA}$ ) and pulmonary arteriolar resistance (PAR).

Secondly, we investigated whether  $\bar{P}_{PA}$ , cardiac index (CI) and PAR changed before and after oxygen administration.

Thirdly, we analyzed what kind of X-ray findings most affected pulmonary hemodynamics under 100% oxygen administration for 10 minutes.

The results were as follows :

(1) Out of 107 cases, it was possible to predict  $\bar{P}_{PA}$  by categorized chest X-ray findings in 75 cases by Hayashi's first method of quantification, one of multivariate analyses. "Pleural thickening" was the most influential finding on the increase of  $\bar{P}_{PA}$ . "Fibrosis" was the most influential on the increase of PAR.

(2) The values of  $\bar{P}_{PA}$ , CI and PAR decreased more after 100% oxygen administration than under room air breathing. Therefore, PAR was used as the index to estimate pulmonary hemodynamics under the condition of oxygen administration.

(3) It was possible to measure PAR under oxygen administration ( $PAR_{O_2}$ ) in 72 cases. "Emphysematous change" was the most influential X-ray finding on the increase of  $PAR_{O_2}$ .

From these results, it was thought that pulmonary circulatory disorder in patients with tuberculosis sequelae was caused by the combination of various chest X-ray findings with the different extent. It was possible to predict pulmonary hypertension to a certain degree from categorized chest X-ray findings. It was suggested that "emphysematous change" less related to hypoxic pulmonary vasoconstriction than "fibrosis" and "pleural thickening" from the results of comparison among the partial correlation coefficients, which were associated with the increase of PAR under room air breathing and oxygen administration.

It was concluded that pulmonary hypertension in patients with sequelae of pulmonary tuberculosis was caused mainly by hypoxic pulmonary vasoconstriction and reduction of anatomical pulmonary vascular bed caused by tuberculous lung lesions or deformity due to surgical treatment, and the relative evaluation of these two factors was important and helpful in the management and understanding of tuberculosis sequelae.

**Key words :** Sequelae of pulmonary tuberculosis, Pulmonary hemodynamics, Chest X-ray findings, Pulmonary hypertension, Oxygen administration

**キーワード :** 肺結核後遺症, 肺循環動態, 胸部X線所見, 肺高血圧症, 酸素投与

#### はじめに

肺結核後遺症は、慢性閉塞性肺疾患とともにわが国における呼吸不全患者の基礎疾患として重要な位置を占め

ている。在宅酸素療法を受けている患者に限定しても、1985年3月の公費負担施行以来、新規登録者は年間1000名前後となっている<sup>1)</sup>。これらの患者では、呼吸不全に伴い肺循環障害も合併し、肺高血圧症からついには

肺性心、さらにはその終末像である右心不全に至る<sup>2)</sup>ことから、肺高血圧症の存在は予後を不良にする要因であることが認められている<sup>3)</sup>。

一口に肺結核後遺症といっても気管支、肺、胸膜の病変の進行の程度や拡がり、胸郭成形術をはじめとする外科手術による加療変形などの形態的因子により病態は複雑化している<sup>4)</sup>。そこで肺結核後遺症の病態生理の理解のために肺循環動態と胸部X線所見との間にいかなる関連性があるかを検討した。

## 対 象

対象は1990年12月31日までの8年間に千葉大学医学部附属病院呼吸器内科および国立療養所千葉東病院、県西部浜松医療センター、東京都立府中病院の各呼吸器科に呼吸器症状を主訴として入院し、病状安定期に右心カテーテル検査を施行した肺結核後遺症患者107名(男性75名、女性32名)である。なお検査は、患者ならびにその家族に検査内容・意義、起こり得る合併症等を術前に説明し、同意を得た後に施行されたものである。

検査施行時の年齢(以下、平均値±標準偏差として表記)は65.2±8.1歳、結核発病年齢30.3±12.8歳、結核が発病してから呼吸不全症状および咯血などの呼吸不全以外の症状をも含む後遺症出現までの年数は33.2±12.8年であった。

102例については右心カテーテル検査施行日の前後数日の間に肺機能検査を施行し、それぞれの平均値±標準偏差は努力肺活量(FVC)1.35±0.54l、%努力肺活量(%FVC)45.1±16.4%、1秒量(FEV<sub>1</sub>)0.86±0.37l、1秒率(FEV<sub>1</sub>%)65.7±18.7%であり、拘束性障害優位の混合性換気障害を有していた。

## 方 法

右心カテーテル検査は、Swan-Ganzカテーテルを原則として右大腿静脈または右内頸静脈より挿入し、右房圧(平均圧:  $\bar{P}_{RA}$ )、肺動脈圧(平均圧:  $\bar{P}_{PA}$ )、肺毛細管楔入圧(平均圧: PCWP)などを測定し、同時に室内気吸入下の動脈血酸素分圧(PaO<sub>2</sub>)、動脈血炭酸ガス分圧(PaCO<sub>2</sub>)、混合静脈血酸素分圧(P $\bar{v}$ O<sub>2</sub>)および熱希釈法による心拍出量を測定し、心係数(CI)、肺小動脈抵抗(PAR)を計算した。なお縦隔の偏位やそれに伴う肺動脈の変形・屈曲によると考えられる形態的要因のために、PCWPが測定可能であったのは104例であった。ついで74例について100%酸素吸入10分後の肺循環諸量を同様に測定・計算した。

胸部X線所見については正面単純X線写真(背腹撮影)を用い、既にわれわれが発表した肺結核後遺症の胸部X線所見分類<sup>5)</sup>を一部改変して表1のように定義づけた。(改変したのは、定義内容の説明補足のためと、これまで

表1 肺結核後遺症の胸部X線所見の定義

胸部X線所見における「性状」の定義	
E:	気腫性変化一病巣の萎縮・亡失に伴う残存肺の過膨張、嚢胞性変化
F:	線維化、気管支拡張、空洞(癍痕、石灰化巣を含める)
U:	不透明肺—無気肺、肺切除後の欠損、合成樹脂球などの充填(肺葉切除等はX線写真上読み取れるものに限る)
P:	胸膜肥厚—厚みを認識できるものとし、手術の影響によるもの、膿胸、胸膜石灰化を含む。癒着は厚みを認識できないものとみなし含めない。
R:	胸郭成形術による胸郭の変形
胸部X線所見における「拡がり」の定義	
E, F, U:	一側肺の1/3を超えない範囲の病巣の拡がりを「1」として、1/3ごとに「0」から「6」までの7段階に分類する。(拡がり「1」は、ほぼ日本結核病学会病型分類の拡がり「1」に相当する)
P:	なし「0」、一側「1」、両側「2」
R:	胸郭成形術における肋骨の切除本数に応じて0本は「0」として、以下4本単位に1~4本は「1」、5~8本は「2」、9~12本は「3」、13~16本は「4」……のように定義する。 ただし、胸郭成形術を伴わない切除は含めない。
(記載例: E2F1U1P1R1)	

の定義では説明できない症例が存在したためである。)胸部X線写真の読影は2名の医師が別個に所見を記載し、記載所見が異なる場合は他に3名の医師を加えて所見を協議・記載することとした。

以上のように得た肺循環諸量と胸部X線所見より、次のような検討を行った。なお得られたデータは便宜的に平均値±標準偏差(mean±SD)で表記した。

(1) 室内気吸入下における肺動脈平均圧および肺小動脈抵抗と胸部X線所見との関連性

室内気吸入下の肺動脈平均圧( $\bar{P}_{PA}$ )が先に定義した胸部X線所見によってどの程度予測できるかを検討し、ついで $\bar{P}_{PA}$ 、肺小動脈抵抗(PAR)の値の大小にどのような胸部X線所見が寄与しているかを検討した。病理学的所見<sup>6)~9)</sup>を考慮すると、肺結核後遺症の個々の症例のX線写真は種々の所見と拡がりをもって組み合わせられていると考えられるため、多変量解析の中でも林式数量化理論第I類<sup>10)~12)</sup>(以下、数量化I類と略)を用いた。この手法は、カテゴリーデータから目的とする変数を予測することと、どのようなアイテム(今回の検討ではE、

F, U, P, Rの各X線所見)が予測する変数を説明するのにどれだけ重みを持つかを分析するものである。したがって予測可能な程度によって、アイテムによる説明の信頼度が異なる。分析にあたっては、X線所見をカテゴリー化して、胸部X線所見から $\bar{P}_{PA}$ , PARがどの程度予測されるかという目安を重相関係数の値の大きさによって判断した。また個々の値の予測に対してどのX線所見が寄与しているかを偏相関係数の大小によって判断した<sup>10)</sup>。

(2) 100%酸素吸入前後における肺動脈平均圧, 心係数, および肺小動脈抵抗の変化の比較

肺結核後遺症の肺循環動態に対して酸素吸入が及ぼす影響を評価した。100%酸素吸入前後の肺動脈平均圧, 心係数, 肺小動脈抵抗の変化を比較し, Wilcoxon matched-pairs signed-rank test によって $p < 0.05$ で統計学的有意差ありとした。なお肺小動脈抵抗については72例で検討した。

この結果によって, 次の(3)において評価すべき肺循環諸量の項目選択を行った。

(3) 100%酸素吸入下における肺循環諸量と胸部X線所見との関連性

100%酸素吸入10分後の肺循環諸量を(1)と同様に数量化I類を用いて分析した。

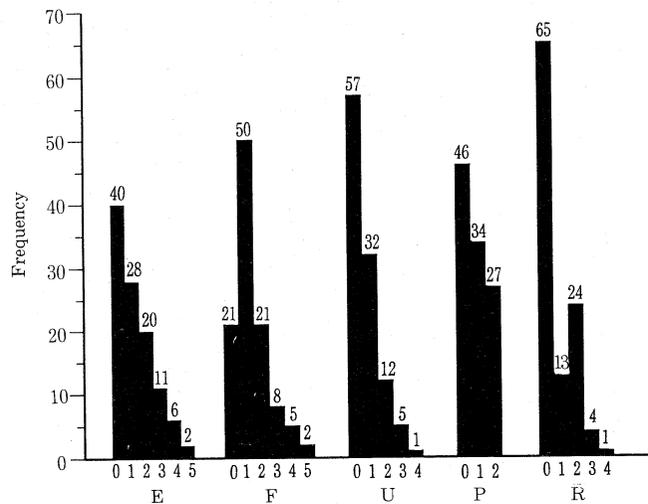
## 結 果

右心カテーテル検査によって得られた肺循環諸量および血液ガス分析値のそれぞれのmean±SDを表2に示す。前毛細管性肺高血圧が多数の症例に認められ, 血液

表2 肺循環諸量および血液ガス分析値  
(n=107, ただしPCWP, PARはn=104)

Pulmonary hemodynamics		
$\bar{P}_{PA}$	(mmHg)	23.1±2.5
$\bar{P}_{PA}$	(mmHg)	3.0±2.5
PCWP*	(mmHg)	7.1±3.1
CI	(l/min/m <sup>2</sup> )	3.07±0.66
PAR*	(dyne·sec/cm <sup>5</sup> )	311.6±170.3
		(mean±SD)
* : n=104		
Blood gases		
pHa		7.390±0.036
PaO <sub>2</sub>	(Torr)	64.2±12.4
Paco <sub>2</sub>	(Torr)	48.9±7.7
Pv̄O <sub>2</sub>	(Torr)	35.8±3.7
		(mean±SD)

ガス分析では低酸素血症と高炭酸ガス血症が多数例に存在し, 混合静脈血酸素分圧が低値であった。個々のX線所見に該当する例数は図1に示すとおりであるが, あるカテゴリーに該当する例数が少ない場合に, 数量化I類におけるカテゴリースコアが過大評価される傾向があったので, いくつかのカテゴリーを併合した。また各X線所見は「拡がり」によって順序づけられているため, 「拡がり」が大きくなるにつれ, 可能な限りカテゴリースコアにも大きな値が与えられるようにカテゴリーを併合した<sup>11)</sup>。カテゴリーの併合は, 各カテゴリーに該当す



Chest X-ray Findings and Extent of Lesions or Thoracoplasty

図1 各X線所見の「拡がり」のヒストグラム  
(n=107)

X-ray Findings	Freq.	Category Score				Partial Correlation Coefficient ( $r_x$ )
		-4	-2	0	2	
E	0					0.376
	1					
	2					
F	3 ≤					0.393
	0					
	1					
U	2 ≤					0.311
	0					
	1					
P	2 ≤					0.545
	0					
	1					
R	2 ≤					0.239
	0					
	1					
Constant (C)		23.112				
Multiple Correlation Coefficient ( $\rho$ )		0.705				
Estimation Error ( $\epsilon$ )		5.183				

図2  $\bar{P}_{PA}$  を従属変数とした場合の、数量化I類によって計算されたカテゴリースコア、偏相関係数 ( $r_x$ )、定数 (C)、重相関係数 ( $\rho$ )、予測誤差 ( $\epsilon$ )。 (n=107)

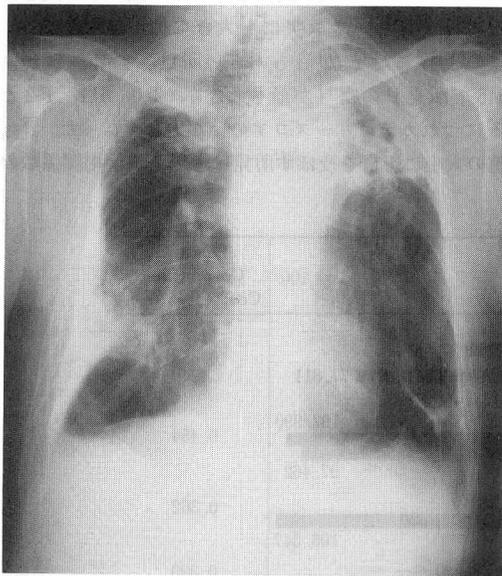


図3 E3F0U2P2R0 と表現される胸部X線写真  
(estimated  $\bar{P}_{PA}$  = 31.525mmHg, actual  $\bar{P}_{PA}$  = 37mmHg)

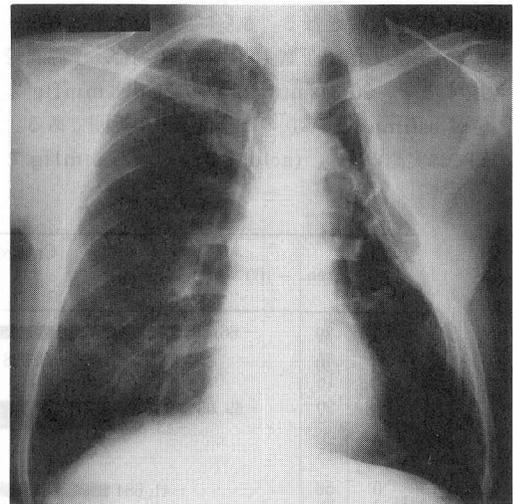


図4 EOF1U0P0R2 と表現される胸部X線写真  
(estimated  $\bar{P}_{PA}$  = 15.817mmHg, actual  $\bar{P}_{PA}$  = 16mmHg)

る例数が全症例数の10%以上になるようにまとめて、E3とE4およびE5、F3とF4およびF5、U2とU3およびU4、R2とR3およびR4はそれぞれ1つのカテゴリーに一括し、改めてカテゴリー名をそれぞれE3 ≤、F3 ≤、U2 ≤、R2 ≤として分析を行った。

(1) 室内気吸入下における肺動脈平均圧および肺小動脈抵抗と胸部X線所見との関連性

$\bar{P}_{PA}$  を従属変数、個々の胸部X線所見を説明変数として数量化I類を用いて分析した結果から得たカテゴリースコア、偏相関係数 ( $r_x$ ; X = E, F, U, P, R)、定数 (C)、重相関係数 ( $\rho$ )、予測誤差 ( $\epsilon$ ) を図2に示す。

図3の例ではX線所見がE3F0U2P2R0となり、各

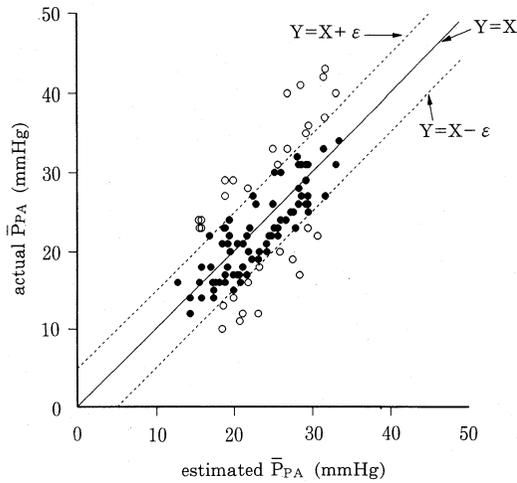


図5 estimated  $\bar{P}_{PA}$  と actual  $\bar{P}_{PA}$  の関係  
( $\bullet$ は  $X - \epsilon \leq Y \leq X + \epsilon$  に含まれる症例を表す;  $n=107$ )

所見のカテゴリ-に見合うカテゴリ-スコアと定数 (C) の和 :  $3.923 + (-2.596) + 3.954 + 4.284 + (-1.152) + 23.112 = 31.525$  mmHg が X線所見から予測される  $\bar{P}_{PA}$  (estimated  $\bar{P}_{PA}$ ) となる。さらに実際値予測にあたっては  $\pm \epsilon$  を加えた値で予測する<sup>12)</sup>。この場合、予測誤差を考慮すると、26.342 mmHg より 36.708 mmHg までの値が estimated  $\bar{P}_{PA}$  のとり得る値の範囲である。この例では実測の  $\bar{P}_{PA}$  (actual  $\bar{P}_{PA}$ ) は 37 mmHg で

あり, estimated  $\bar{P}_{PA}$  のとり得る値の範囲には含まれなかった。

しかし, 図4のような例では E0F1U0P0R2 という X線所見となって, estimated  $\bar{P}_{PA} = (-2.443) + (-1.360) + (-1.366) + (-4.022) + 1.896 + 23.112 = 15.817$  mmHg となり, 予測誤差を考慮すると, 10.634 mmHg より 21.000 mmHg までの値が estimated  $\bar{P}_{PA}$  のとり得る値の範囲である。この例では actual  $\bar{P}_{PA} = 16$  mmHg で, estimated  $\bar{P}_{PA}$  のとり得る値の範囲に含まれていた。

このように 107 例について estimated  $\bar{P}_{PA}$  を計算し, 横軸 (X 軸) に estimated  $\bar{P}_{PA}$ , 縦軸 (Y 軸) に actual  $\bar{P}_{PA}$  をとり, 結果をプロットすると図5のようなばらつきを示した。また前述のように,  $X - \epsilon \leq Y \leq X + \epsilon$  の範囲に含まれる例は誤差まで考慮すれば予測可能な症例である。このような症例は 107 例中 75 例 (70.1%) であった。以上のような予測が成り立つ場合, 胸部 X線所見による estimated  $\bar{P}_{PA}$  が actual  $\bar{P}_{PA}$  を最も説明できるように, すなわち  $\rho$  を最も大きくするようなカテゴリ-スコアを決定したことになる。ここで X線所見の各性状 E, F, U, P, R において, E1 と E2 のカテゴリ-スコアの大小関係を除けば, 拡がりが大きくなるとカテゴリ-スコアにも大きな値が与えられる。 $\bar{P}_{PA}$  の上昇には  $r_x$  が最も大きい所見, すなわち  $r_p = 0.545$  で所見 P の寄与が最も大きく, P0, P1, P2 となるにつれカテゴリ-スコアの値が大きくなった。 $\bar{P}_{PA}$  の値の大小に影響を及ぼす所見は, 以下, 偏相関係数の

X-ray Findings	Freq.	Category Score					Partial Correlation Coefficient ( $r_x$ )
		-100	-50	0	50	100	
E 0 1 2 3	39	-66.785	9.228	37.757	77.811	0.388	
	20						
	18						
F 0 1 2 3	20	-69.061	-43.684	102.990	97.462	0.454	
	49						
	20						
U 0 1 2	56	-41.684	13.882	106.547	0.362		
	30						
	18						
P 0 1 2	46	-61.384	26.590	77.847	0.399		
	33						
	25						
R 0 1 2	63	-15.515	-6.072	37.729	0.168		
	13						
	28						
Constant (C)				311.571			
Multiple Correlation Coefficient ( $\rho$ )				0.685			
Estimation Error ( $\epsilon$ )				123.441			

図6 PARを従属変数とした場合の, 数量化I類によって計算されたカテゴリ-スコア, 偏相関係数 ( $r_x$ ), 定数 (C), 重相関係数 ( $\rho$ ), 予測誤差 ( $\epsilon$ ). ( $n=104$ )

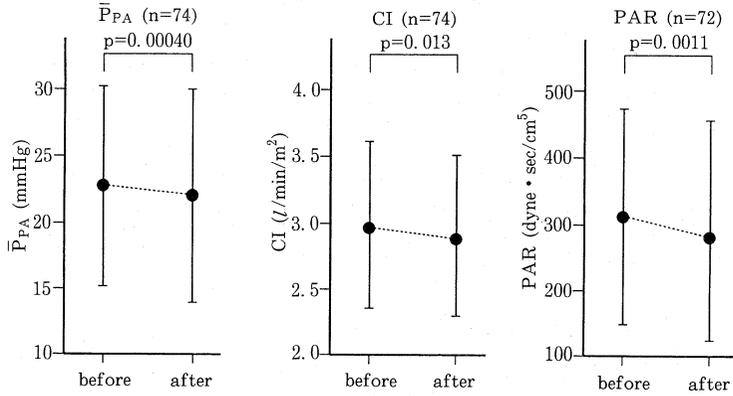


図7 100%酸素吸入前後の  $\bar{P}_{PA}$ , CI, PAR の変化 (n=74, ただし PAR は n=72)

X-ray Findings	Freq.	Category Score				Partial Correlation Coefficient ( $r_x$ )
		-100	-50	0	50	
E	0 1 2 3 ≦	24 19 16 13	-84.629	17.685	23.350	0.488
F	0 1 2 3 ≦	13 33 14 12	-68.159	-37.432	67.227	0.427
U	0 1 2 ≦	43 19 10	-22.839	23.175	54.175	0.219
P	0 1 2 ≦	34 27 11	-43.500	10.843	107.839	0.380
R	0 1 2 ≦	44 9 19	-25.985	-5.519	25.090	0.136
Constant (C)		291.244				
Multiple Correlation Coefficient ( $\rho$ )		0.712				
Estimation Error ( $\epsilon$ )		115.799				

図8  $PAR_{O_2}$  を従属変数とした場合の、数量化I類によって計算されたカテゴリースコア, 偏相関係数 ( $r_x$ ), 定数 (C), 重相関係数 ( $\rho$ ), 予測誤差 ( $\epsilon$ ). (n=72)

大きさの順にF, E, U, Rとなった。

同様にしてPARを従属変数としてこの値の大小に寄与するX線所見を数量化I類を用いて分析した結果を図6に示す。E1とE2, F2とF3≦の間でカテゴリースコアの大小が逆転するが、他は拡がりが大きくなるのに伴いカテゴリースコアにもより大きな値が与えられた。偏相関係数の値の大きさから所見P ( $r_p=0.399$ )以上に所見F ( $r_p=0.454$ )がPARの値の増加に大きく影響していた。

(2) 100%酸素吸入前後の肺動脈平均圧, 心係数, および肺小動脈抵抗の変化の比較

図7は10分間の100%酸素吸入前後の $\bar{P}_{PA}$ , CI, PARの変化をみたものであるが、酸素吸入によって3つの項目とも低下し、統計学的有意差を認めた。このため次の(3)において、100%酸素吸入下における肺循環動態の評価として肺小動脈抵抗を用いることとした。

(3) 100%酸素吸入下における肺循環諸量と胸部X線所見との関連性

いかなる胸部X線所見が100%酸素吸入10分後の肺小動脈抵抗 ( $PAR_{O_2}$ ) の値の大小に関わっているかを数量化I類で分析した結果が図8である。E1とE2, R0とR1との間でカテゴリースコアの大小関係が逆転

するが、PARの場合と同様に他のカテゴリーでは拡がりが大きくなるに伴いカテゴリースコアにも大きな値が与えられた。この時、室内気吸入下の場合とは異なりPAR<sub>O<sub>2</sub></sub>の値の大小には、偏相関係数の値が最大の所見E ( $r_E = 0.508$ )が最も寄与しており、所見Fが $r_F = 0.427$ でこれに次いだ。

なお所見U, Rは偏相関係数の大ききより所見E, F, Pほど $\bar{P}_{PA}$ , PAR, PAR<sub>O<sub>2</sub></sub>の値の大小への寄与は認められなかった。

## 考 察

慢性肺疾患に見られる肺高血圧症成立には、肺血管床減少、肺血管攣縮の2つの因子が大きく関与している<sup>13)</sup>。肺結核後遺症を肺循環障害の面から考えた場合、肺結核の治癒過程や加療変形によって生ずる種々の形態的变化<sup>6)7)</sup>が換気障害の原因となり、その結果、主として肺胞気低酸素による低酸素性肺血管攣縮と肺血管床の器質的減少とが関わって肺高血圧を惹起していると考えられる。一方で、肺結核後遺症の胸部X線所見の多彩さを考えれば、肺循環障害の成立機序も一様でないことが容易に理解できる。肺循環障害を定量的に評価するためには右心カテーテル検査が必要であるが、侵襲的な検査であり、設備や人員の点からいかなる施設でも容易に施行できる検査とは限らない。したがって、非侵襲的な検査法で肺高血圧症の有無を知ることのできる検査法が望まれる。

これまでに慢性閉塞性肺疾患<sup>14)</sup>、原発性肺高血圧症<sup>15)</sup>、僧帽弁狭窄症<sup>16)</sup>などにおいて胸部X線所見と肺循環動態との関連性について、その画像情報の有用性の有無が検討されてきた。肺結核後遺症の場合、今回の分析結果は胸部X線所見から肺高血圧症の有無がある程度推測可能であることを示している。このためには適切な肺結核後遺症の胸部X線所見分類が必要であった。三輪ら<sup>17)</sup>は、呼吸機能低下者把握を目的として、肺結核後遺症による呼吸不全入院症例より胸部X線所見を区分している。

そこでわれわれは、結核治癒後の肺機能障害という視点から、X線写真の読影の必要性を考えた。肺結核治癒や加療変形に伴う形態的变化が、肺・気管支・胸膜・胸郭におよぶことから、従来より日常診療に用いられてきた日本結核学会病型分類や学研肺結核病型分類などの所見の記載方法を基本として、新たなX線所見を分類・定義し<sup>5)</sup>、今回その一部改変したX線所見分類を用いた。

このようなX線所見のカテゴリー化によって多変量解析を行った結果、肺動脈平均圧や肺小動脈抵抗の値の大小を決定するようなカテゴリースコアを与えることができた。また、各所見の拡がりが大きくなると、一部大小関係の逆転はあるが、おおむねカテゴリースコアにも大きな値が与えられた。このことから、肺結核後遺症では

種々のX線所見が複雑に組合わさって肺循環障害を引き起こしていると考えられた。

さらに、どのようなX線所見が今回検討した肺循環諸量の値の大小に相対的寄与をしているかについても知ることができた。今回の検討において、室内気吸入下での肺動脈圧上昇および肺小動脈抵抗の増大に最も寄与するX線所見は、それぞれ「胸膜肥厚」、「線維化、気管支拡張、空洞」(以下「線維化」と略)であった。このような所見が存在する場合に、肺内病変あるいは胸膜病変に由来する<sup>9)18)</sup>器質的肺血管床減少のほかに、胸郭や肺のコンプライアンス低下に伴う拘束性換気障害<sup>19)20)</sup>や膿胸腔の対側肺への圧迫<sup>21)</sup>に起因する肺泡低換気による低酸素性肺血管攣縮および二次的な血管病変が生ずると考えられる。

今回の検討では、「胸膜肥厚」の程度については言及していない。この点の評価については単純X線写真では限度があり、CTによる評価<sup>22)</sup>などが必要となるが、所見の定義が一層煩雑になる可能性がある。

一方、胸郭成形術によっても拘束性換気障害と器質的肺血管床の減少が生じ得ると考えられるが、肺循環障害への影響は少なかった。この点については胸膜肥厚が横隔膜を含めた下部胸郭の運動制限をもたらす<sup>23)</sup>のに対し、胸郭成形術は多くの場合に病巣虚脱および肺切除後の遺残腔や膿胸腔などの縮小のために上部肋骨が切除されるので、手術単独では、胸膜肥厚ほどの換気制限を起しにくいことと関係しているかもしれない。

「線維化」と「胸膜肥厚」の偏相関係数の大小関係が、室内気吸入下における肺動脈平均圧の場合と肺小動脈抵抗の場合とでは、その順序が逆転していた。この点について、肺小動脈抵抗では計算式より肺動脈圧の他に心拍出量の影響が加味されていると考えられる。肺血流量について、解剖学的には肺循環系への大循環系からの側副循環の影響を考慮する必要があるだろう。

香川ら<sup>24)</sup>は一側荒蕪肺切除例の術前気管支動脈造影、および切除肺の病理学的検索を行っている。それによれば、気管支動脈の血管新生、拡張蛇行、および肺動脈との吻合が認められ、壁側胸膜との胼胝性癒着が存在する例ではその部位を通して無数の動脈性血管新生を認めたという。

これらの側副循環系の血流が肺循環動態に影響を与えるには、上述の病理学的変化に加えて、肺血管床が絶対的に減少していることが必要と考えられる。これまでの荒蕪肺の肺循環動態に関する検討では、一側荒蕪肺切除により肺動脈圧や心拍出量(心係数)が、術前に比べ減少している症例が存在している<sup>24)25)</sup>。その中でも、Fick法により術前の左右短絡量を求めた例では、左右短絡率は21~34%であったとしている<sup>24)</sup>。したがって左右短絡量が亡失した分の心拍出量が減少し、肺動脈圧

が低下したと考えられる。

以上のことより、肺結核後遺症において側副循環は、その発達程度によっては肺循環動態にとって無視できない要素と考えられる。

100%酸素吸入によって肺動脈平均圧、心係数および肺小動脈抵抗は低下した。これは低酸素性肺血管攣縮の影響が除去されたためと考えられる<sup>26)</sup>。100%酸素吸入下の肺小動脈抵抗の値の大小に最も寄与するX線所見は、偏相関係数の値が最も大きい「気腫性変化」であり、以下「線維化」、「胸膜肥厚」の順であった。

一方、室内気吸入下における肺小動脈抵抗の大小に寄与する順位は、偏相関係数の値の大きさから「気腫性変化」は「線維化」、「胸膜肥厚」に次ぐものであった。室内気および100%酸素吸入下での肺小動脈抵抗と、胸部X線所見に関する偏相関係数の大小関係の逆転が認められた。その順位の比較から、「線維化」、「胸膜肥厚」の所見に比べ「気腫性変化」は相対的に低酸素性肺血管攣縮への関与が少ないことを意味すると考えられる。

以上のことより、気腫性変化は結核病巣治癒や加療変形に伴う統発性変化<sup>8)27)</sup>であるが、肺循環障害に影響を及ぼす所見として重要であった。

「不透明肺」というX線所見の定義は、肺切除では器質的肺血管床減少が明らかである。それ以外の場合では肺胞腔の含気不全と虚脱の状態(単純性無気肺)、あるいは圧迫性無気肺ないしは無気肺硬化の状態<sup>9)</sup>が考えられる。これらは、病理学的には器質化などが生じており、機能的には役立たない部位<sup>8)</sup>とされている。この所見の拡がりが大きくなればカテゴリスコアから肺動脈平均圧や肺小動脈抵抗の値は大きくなる。一方、偏相関係数からは、室内気吸入および酸素吸入下における肺小動脈抵抗値の大小への影響が「線維化」、「胸膜肥厚」、「気腫性変化」に比べて少なかった。

この2条件下の結果から、低酸素性肺血管攣縮の関与が「不透明肺」では、「線維化」、「胸膜肥厚」、「気腫性変化」に比べ、相対的に少ないか否かを論ずるのは困難である。しかし、「不透明肺」の部分では上述の形態的变化により、器質的肺血管床減少の関与が大部分を占めていると思われる。

肺結核後遺症における肺循環障害を低酸素性肺血管攣縮と器質的肺血管床の減少の双方からみた場合、低酸素性肺血管攣縮がどれだけ関与しているかを知ることが、日常診療において、呼吸循環障害を伴う肺結核後遺症の治療・管理の面で大切であろう。斎藤ら<sup>28)</sup>は病理学的な検討から、このような点を見極めることの重要性を指摘している。しかし、一方で酸素吸入に対する肺小動脈抵抗の改善率と予後との間の相関は見出せなかったという報告<sup>29)</sup>があるように、酸素に対する肺血管反応性は個々の症例のX線所見によってさまざまであり、この反

応性の差が個体差の原因になり肺結核後遺症の病態の理解を難しくしていると考えられる。

## 結 語

肺結核後遺症患者につき肺循環諸量と胸部X線所見との関連性を多変量解析によって検討した。

数量化I類による分析では、カテゴリ化された個々のX線所見におおむね妥当なカテゴリスコアが与えられた。このことよりさまざまなX線所見が種々の拡がりをもって複雑に組み合わさって肺循環障害を引き起こしていると考えられた。

肺高血圧症の評価は胸部X線所見からある程度可能であった。そして肺高血圧症が評価可能な前提条件のもとで、以下のようなことが考察できた。

肺高血圧症成立には、主として器質的肺血管床減少と低酸素性肺血管攣縮が関与していると考えられるが、室内気吸入下および100%酸素吸入下の肺小動脈抵抗の値の大小に寄与するX線所見の比較より、気腫性変化の低酸素性肺血管攣縮への関与は線維化および胸膜肥厚に比べ相対的に少ないと考えられた。すなわち室内気および100%酸素吸入下における肺循環諸量の比較によって、胸部X線写真の各所見の低酸素肺血管攣縮への関与を、相対的にある程度評価できると考えられた。

肺結核後遺症の病態は複雑であるが、胸部X線所見と肺循環動態との関連性を検討することは、病態を理解する手段の一つになり得ると考えられた。

## 謝 辞

稿を終えるにあたり本研究に対する協力、助言を賜った下記施設の次の諸先生方に深謝いたします。(順不同、敬称略)

千葉大学医学部肺癌研究施設内科

加藤邦彦, 吉田康秀, 山本 司, 田辺信宏,  
海野広道

国立療養所千葉東病院呼吸器科

庵原昭一, 鈴木公典, 佐々木結花

県西部浜松医療センター呼吸器科

笠松紀雄

東京都立府中病院呼吸器科

戸島洋一

本論文の要旨の一部は第27回日本臨床生理学会総会(1990年10月 長崎)において発表した。

なお、本研究は平成3年度結核予防千葉基金医学研究助成(申請者代表 栗山喬之)によった。

## 文 献

- 1) 合田 晶, 斎藤拓志, 斎藤俊一, 他: 在宅酸素療法

- 実施症例(全国)の調査結果について, 厚生省特定疾患呼吸不全調査研究班 平成4年度研究報告書. 1993; 15-20.
- 2) Ferrer MI : Cor pulmonale (pulmonary heart disease) : present-day status. *Am Heart J.* 1975 ; 89 : 657-664.
  - 3) 平賀俊尚, 岸不盡彌, 川上義和 : 慢性肺疾患患者の生存率の検討—右心カテーテル検査が施行された全国205例の追跡調査—, 厚生省特定疾患呼吸不全調査研究班 平成元年度研究報告書. 1990 ; 75-79.
  - 4) 芳賀敏彦 : 肺結核と心肺機能障害, *結核.* 1983 ; 58 : 329-338.
  - 5) 栗山喬之, 安田順一 : 第65回総会シンポジウム I. 結核後遺症 4. 病態生理の立場から(循環), *結核.* 1990 ; 65 : 855-865.
  - 6) Denst J, Hurst A, Dressler SH : A histologic study of the blood vessels in surgically resected tuberculous lungs. *Am Rev Tuberc.* 1951 ; 64 : 489-498.
  - 7) Cicelo R, del Castillo H, Fernández M, et al. : Selective angiopneumography and a correlative study of bronchography and the histopathologic findings in tuberculous fibrothorax. *Am Rev Tuberc.* 1956 ; 73 : 61-71.
  - 8) 河端美則, 岩井和郎 : 第65回総会シンポジウム I. 結核後遺症 2. 結核後遺症の病理について, *結核.* 1990 ; 65 : 839-845.
  - 9) 岩井和郎 : 第56回総会シンポジウム 肺の線維化をめぐって 3. 肺結核の萎縮硬化, *結核.* 1982 ; 57 : 29-33.
  - 10) 青木繁伸 : 数量化I類. 「医学統計リファレンスマニュアル」, 第1版, 医学書院, 東京, 1989, 298-303.
  - 11) 岩坪秀一 : 数量化I類. 「数量化法の基礎」, 初版, 朝倉書店, 東京, 1987, 24-66.
  - 12) 駒澤 勉 : 数量化理論第I類. 「数量化理論とデータ処理」, 初版, 林知己夫監修, 朝倉書店, 東京, 1982, 10-48.
  - 13) 渡辺昌平, 栗山喬之 : 肺高血圧症, 肺と心. 1983 ; 30 : 228-233.
  - 14) Matthay RA, Schwarz MI, Ellis JH Jr, et al. : Pulmonary artery hypertension in chronic obstructive pulmonary disease : determination by chest radiography, *Invest Radiol.* 1981 ; 16 : 95-100.
  - 15) Kanemoto N, Furuya H, Eto T, et al. : Chest roentgenograms in primary pulmonary hypertension. *Chest.* 1979 ; 76 : 45-49.
  - 16) Chen JTT, Behar VS, Morris JJ, et al. : Correlation of roentgen findings with hemodynamic data in pure mitral stenosis. *Am J Roentgenol.* 1968 ; 102 : 280-292.
  - 17) 三輪太郎, 小川一太 : 保健所における肺結核後遺症としての呼吸不全の管理, 厚生省特定疾患呼吸不全調査研究班 昭和60年度研究報告. 1986 ; 186-189.
  - 18) 大淵重敬, 梅田博道, 谷口興一 : 重症肺結核の心肺機能, *日胸.* 1967 ; 26 : 91-102.
  - 19) 梅田博道 : 肋膜肥厚と肺機能, *日結.* 1956 ; 15 : 827-832.
  - 20) 三輪太郎, 岩田 仁, 笹本基秀, 他 : 人工気胸歴と慢性呼吸不全, 厚生省特定疾患呼吸不全調査研究班 昭和60年度研究報告. 1986 ; 190-192.
  - 21) 乾 健二, カレド・レシャード, 高橋 豊, 他 : 結核性荒蕪肺・膿胸に対する肺全切除の検討, *結核.* 1992 ; 67 : 705-708.
  - 22) Moore NR, Phillips MS, Shneerson JM et al. : Pleural thickening and skeletal deformity in thoracoplasty—the relationship with ventilatory failure. *Thorax.* 1986 ; 41 : 717.
  - 23) 河原崎茂孝, 水野 浩, 神頭 徹, 他 : 第66回総会シンポジウム II. 結核治療における外科の役割 7. 術後後遺症としての慢性呼吸不全に対する外科の役割, *結核.* 1991 ; 66 : 793-798.
  - 24) 香川輝正, 小谷澄夫, 板野竜光, 他 : 1側荒蕪肺における気管支, 肺循環系の血流動態—肺性肺高血圧症の発現における気管支循環系血流の関与について—, *日胸外会誌.* 1985 ; 23 : 412-422.
  - 25) 芳賀敏彦, 片山 透, 町田和子 : 肺結核における肺高血圧症の検討, 厚生省特定疾患原発性肺高血圧症調査研究班 昭和50年度研究業績. 1981 ; 69-72.
  - 26) 岡田 修, 内藤 隆, 河内文雄, 他 : 各種慢性肺疾患における nifedipine の循環動態およびガス交換におよぼす影響, *日胸疾会誌.* 1986 ; 24 : 827-834.
  - 27) 米田良蔵 : 第49回総会シンポジウム II. 肺結核の残したもの 1. レ線所見と形態学, *結核.* 1974 ; 49 : 337-339.
  - 28) 斎藤 建, 清水英男, 山田茂樹, 他 : 病理解剖学から見た肺高血圧症—II. 肺動脈に機能的圧負荷と容量負荷の双方が加わった肺高血圧症—, *日胸.* 1991 ; 50 : 281-288.
  - 29) 吉田康秀, 田辺信宏, 山本 司, 他 : 慢性閉塞性肺疾患の予後規定因子としての酸素吸入に対する肺血管反応性の評価—陳旧性肺結核との比較—, 厚生省特定疾患呼吸不全調査研究班 平成2年度研究報告書. 1991 ; 81-85.