

小児期肺高血圧における肺血流シンチグラフィ

——肺血流シンチ所見と心カテ時の血行動態指標の検討——

新潟大学医学部小児科学教室（主任：堺 薫教授）

福島 英樹

Lung Scintigraphy in Children with Pulmonary Hypertension
—Comparison to Findings of Cath and Histology—

Hideki FUKUSHIMA

Department of Pediatrics,

Niigata University School of Medicine

(Director: Prof. Kaoru SAKAI)

We evaluated 37 patients with pulmonary hypertension (PH) with Tc-99mMAA lung scintigraphy (LS) and compared findings of LS with those of cardiac catheterization (cath) and lung histology. Findings of LS were graded to 4 groups according to the degree of mottling of LS; M0: normal, M1: slight, M2: moderate, M3: severe. The patient group was divided to two groups according to the cath findings; R: reactive to oxygen and tolazoline, N: not reactive to them. Histological findings were evaluated according to Heath-Edwards classification. Most patients with LS findings of M0 and M1 belonged to R group. Their pulmonary arterial mean pressure and pulmonary vascular resistance increased consistent with mottling of LS. 10 out of 12 patients with LS findings of M2 and M3 had H-E III changes histologically. Thus pulmonary blood flow pattern in patients with PH was precisely evaluated by LS, and its findings correlated well to cath and histological findings. These findings suggested that LS can evaluate pulmonary vascular bed non invasively, and LS can be one of the useful diagnosis method of PH.

Key words: Pulmonary Hypertension Lung scintigraphy, Lung histology, Cardiac catheterization, Childhood

肺高血圧, 肺血流シンチグラム, 肺組織, 心カテーテル検査, 小児

Reprint requests to: Hideki FUKUSHIMA
Department of Pediatrics, Niigata
University School of Medicine,
Asahimachi-dori 1, Niigata City, 951,
JAPAN.

別刷請求先: 〒951 新潟市旭町通1番町
新潟大学医学部小児科学教室

福島 英樹

はじめに

小児期肺高血圧症の肺血管病変の評価は、従来より心臓カテーテル検査時の薬物負荷による検査成績や¹⁾⁻⁵⁾、血管造影⁶⁾、あるいは肺生検⁷⁾⁸⁾による組織診断などにより行われてきた。しかし臨床上、これら検査の応用には使用面で限界がある⁹⁾¹⁰⁾。

筆者は、肺血流シンチグラフィーの肺血流分布所見を、心臓カテーテル検査成績および、肺組織所見などに対し、肺血流シンチグラフィー所見からの、肺血管病変の評価の妥当性を検討した。

対象

対象は、心臓カテーテル検査により肺高血圧を認めた男児13例、女児24例の計37例である。疾患の内訳は先天性心疾患32例（うち術後19例）、原発性肺高血圧4例、拘束型心内膜線維性症1例である。この内16例の肺生検標本あるいは剖検標本について、組織学的検討を行った（Table 1）。

方法

肺血流シンチグラフィーは、テクネシウム 99m で標識した、大凝集アルブミンを用い、3.7 MBq/kg を静注した。また鎮静を必要とした19例を除き、座位で撮像し、その前面像および後面像を分析した。鎮静を必要とした、乳幼児例は、サイオペンタール 3~5 mg/kg を静注後、伏臥位および背臥位で撮像した。

心臓カテーテル検査は、全例に施行し、同時にトラゾリンおよび100%酸素負荷も行った。血行動態の諸指標は Fick 法に基づいて算出し、トラゾリンおよび100%酸素負荷で、肺動脈平均圧の低下ないし左・右短絡の増加を認めた群をR群とし、認められなかった群をN群として検討した。

組織学的検討は、Heath-Edwards 分類¹¹⁾に従いⅠ度：肺小動脈中膜肥厚、Ⅱ度：肺小動脈内膜肥厚、Ⅲ度：肺小動脈内膜線維性肥厚、Ⅳ度：叢状病変、Ⅴ度：血管腫様病変、Ⅵ度：壊死性動脈炎の以上6段階に分類し検討した（Table 2）。

肺血流シンチグラフィーは、イメージの虫喰い像の程度により、正常（M₀）、軽度（M₁）、中等度（M₂）、高度（M₃）の4群に分類した。肺血流シンチグラフィーの重症度は、2人の判定者の合意で視覚的に判定した（Table 3）。

肺組織標本の肺小動脈の肥厚度の算出は、諏訪の変法

を応用し1本の肺小動脈に対し、長径と短径の2方向から血管内径と外径の差を計測し、Fig. 1に示す方法で算出し、それを平均したものを当該肺小動脈の肥厚度とした¹²⁾⁻¹⁴⁾。これを1つの組織標本について5カ所以上の肺小動脈に対し行い、その平均値を、対象患者の肥厚度とした。肥厚度の算出は、良好な組織の得られた14例に対し施行した。

統計学的検定の数値は、平均値±SD で表示した。平均値の差の検定は対応の無い Wilcoxon 検定を用い、出現率の差の検定はカイ二乗検定を用い、いずれも危険率5%以下を有意とした。

Table 1 Subjects

Congenital Heart Disease : 32 cases*	
Primary Pulmonary Hypertension : 4 cases	
Endocardial Fibroelastosis : 1 case	
Total : 37 cases	
Average of pulmonary mean pressure :	
79.5±29.0 mmHg	
Average of PP/PS : 0.86±0.33	
Average of pulmonary vascular resistance :	
18.1±12.6 U·m ²	
Average of Rp/Rs : 0.77±0.71	
* : 19 cases were post-operative case	

Table 2 Methods

Lung Scintigraphy	
^{99m} Tc MAA 3.7 MBq(0.1 mCi)/Kg i.v.	
Collimeter : High resolutional	
Scinticamera : Ohio-Nuclear Σ410-S	
Count : 300 k/view	
Cardiac Catheterization	
R group : Responded to Tolazoline	
N group : Not responded to Tolazoline	

Table 3 Severity of Lung Scintigraphy

M ₀ : Normal
M ₁ : Mild
M ₂ : Moderate
M ₃ : Severe

Classification of the pattern of lung scintigraphy. Lung scintigrams were interpreted retrospectively by consensus of two pediatric cardiologists.

Table 4 Detail Patients Profile

Grade	n	PA mean pressure		Response		Histology(H-E) ^e					
		Rest	Load ^b	R ^c	N ^d	I	II	III	IV	V	VI
M ₀	5	20.8±3.2	*e	4	0	1	0	0	0	0	0
M ₁	9	49.9±23.2	40.1±18.4	4	5	0	1	1	0	0	0
M ₂	12	61.5±22.7	64.2±22.6	3	9	1	0	2	1	1	1
M ₃	11	70.3±18.5	71.8±16.7	1	10	0	1	3	2	0	0

a : Heath-Edwards classification

b : Tolazoline 1mg/kg i.v. or 100% O₂ flash

c : R : Responded to Tolazoline

d : N : Not responded to Tolazoline

e : Not done

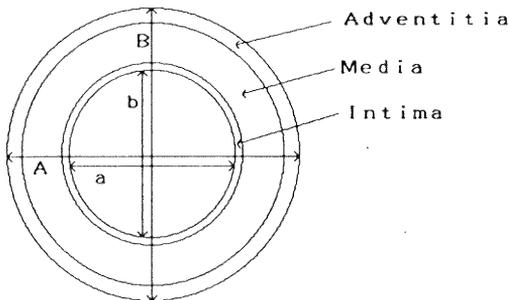
Table 5 Correlation of Cardiac Catheterization with Grading by Lung Scintigram

	R	N	Total
M _{2,3}	4	19	23
M _{0,1}	9	5	14
Total	13	24	37

p<0.01 n=37

R : Responded to Tolazoline

N : Not responded to Tolazoline



$$X = \frac{A-a}{a}$$

$$Y = \frac{B-b}{b}$$

$$\text{Stenotic index} = \frac{X+Y}{2}$$

Fig. 1 Stenotic Index

結 果

M₀, M₁ の肺血流シンチグラフィ前面像と後面像を Fig. 2 に示した。M₀ は心室中隔欠損術後例である。この症例の肺動脈平均圧は 16 mmHg であった。M₁ は共通房室弁口・肺高血圧例であり肺動脈平均圧 65 mmHg であった。

同様に M₂, M₃ の肺血流シンチグラフィを Fig.

3 に示した。M₂ は心内膜床欠損・肺高血圧術後例であり、肺動脈平均圧 62 mmHg であった。M₃ は心室中隔欠損・肺高血圧例であり、肺動脈平均圧 91 mmHg であった。

M₀ では、両肺とも均一に血流が分布していると判定したが、M₁, M₂, M₃ では肺血流シンチグラフィのイメージの悪化に伴い、次第に細かい、不規則な灌流欠損像が見られるようになった。

各群の肺動脈平均圧のトラゾリンおよび 100%酸素負荷に対する反応、各群内の R 群、N 群の例数、Heath-Edwards 分類¹¹⁾ 結果を Table 4 に示した。

さらに M₀ から M₃ の各群の肺動脈平均圧の比較を Fig. 4 に示した。

各群の平均値は、M₀ 群 20.8±3.2 mmHg, M₁ 群 49.9±23.2 mmHg, M₂ 群 61.5±22.7 mmHg, M₃ 群 70.3±18.5 mmHg であり肺血流シンチグラフィのイメージの悪化にともない、肺動脈平均圧も上昇する傾向を認めた。

また肺血管抵抗値は、各群の平均値は、M₀ 群 5.2±2.4 U·m², M₁ 群 18.7±13.3 U·m², M₂ 群 13.7±7.4 U·m², M₃ 群 25.5±14.5 U·m² であった (Fig. 5)。

心臓カテーテル検査時に行った、トラゾリンおよび 100%酸素負荷で肺動脈平均圧の低下ないし左・右短絡の増加を認めた R 群と、認められなかった群を N 群としてイメージとの相関を見ると、M₀・M₁ 群で R 群は 14 例中 9 例 (64.3%) であり、これに対し M₂・M₃ 群での R 群は、23 例中 4 例 (17.4%) であり、M₁ 以下に R 群が有意に多かった (Table 5)。

肺組織の得られた 16 例について、肺血流シンチグラフィの重症度と肺組織所見を対比した。M₂・M₃ 群 12 例中

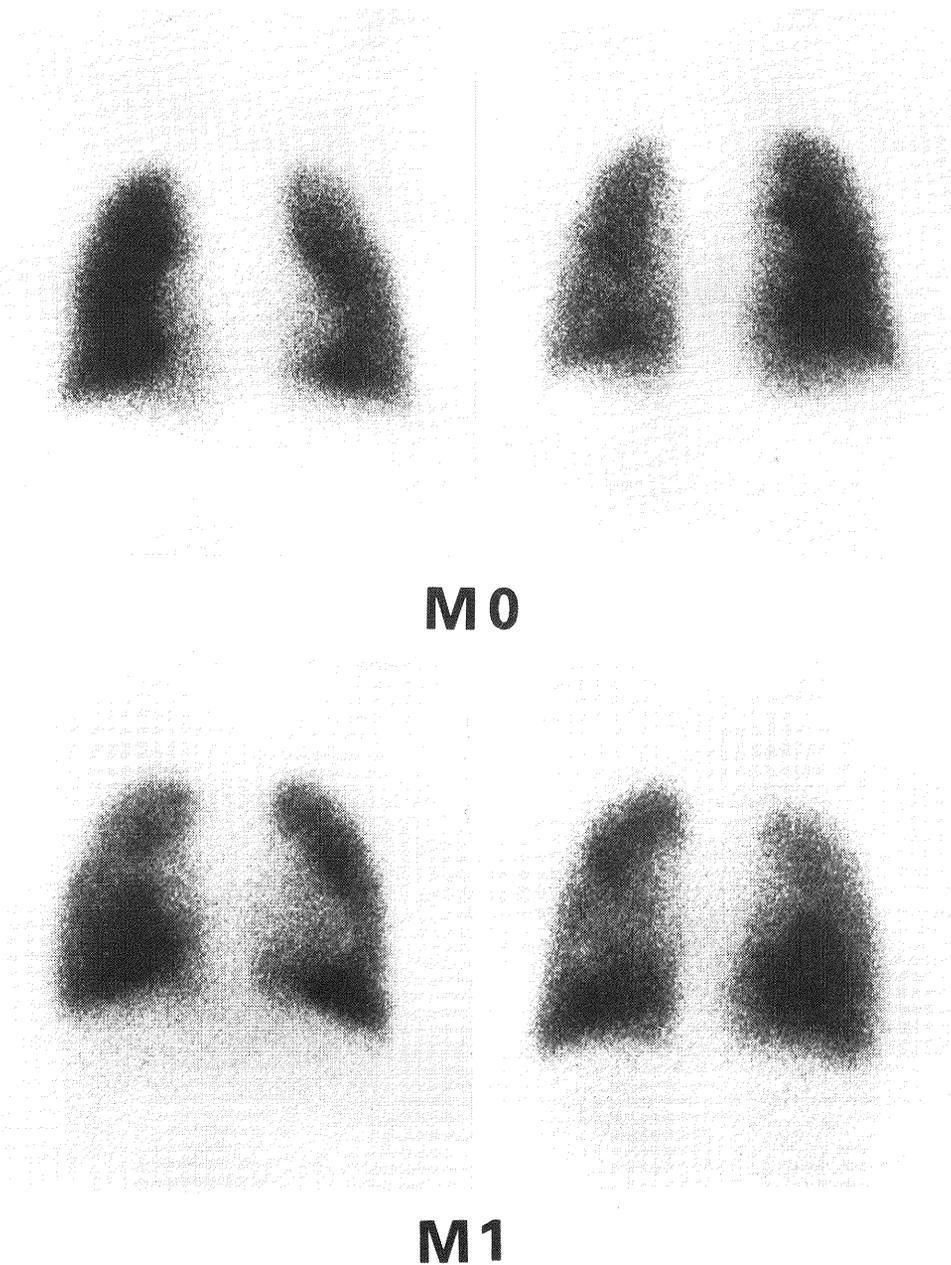
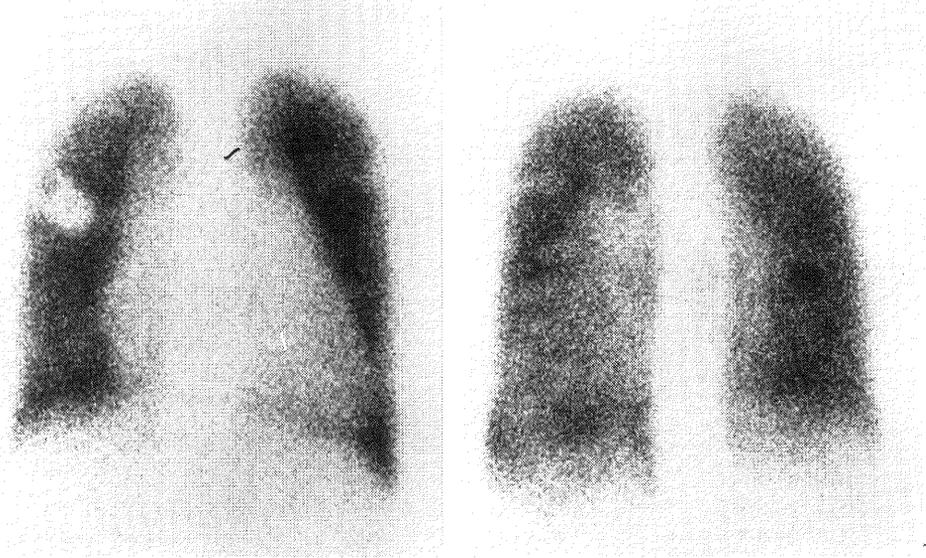


Fig. 2 Classification of the Pattern of Lung Scintigraphy (M0, M1)

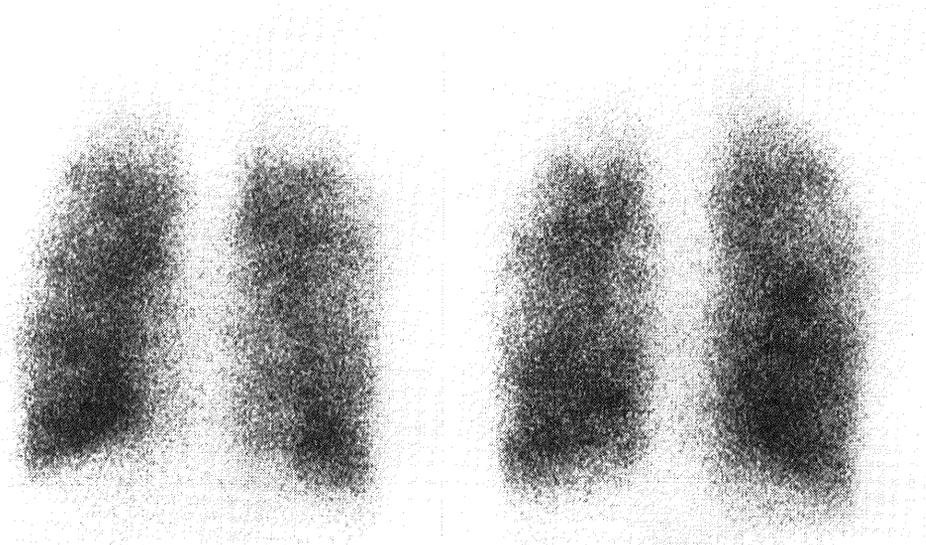
M0: The scintigram showed normal perfusion pattern. Diagnosis of this case was post operative stage of VSD, his mean pulmonary arterial pressure was 16mmHg.

M1: The scintigram showed mild mottled pattern. Diagnosis of this case was CAVC, PH, his mean pulmonary arterial pressure was 65 mmHg.

VSD: Ventricular septal defect, PH: Pulmonary hypertension, CAVC: Common atrioventricular cannal.



M 2



M 3

Fig. 3 Classification of the Pattern of Lung Scintigram (M2, M3)

M2: The scintigram showed moderate mottled pattern. Diagnosis of this patient was post operative stage of ECD, PH, his mean pulmonary arterial pressure was 62mmHg.

M3: The scintigram showed severe mottled pattern. Diagnosis of this patient was VSD, PH, his mean pulmonary arterial pressure was 91 mmHg.

VSD: Ventricular septal defect, PH: Pulmonary hypertension, ECD: Endocardial cushion defect.

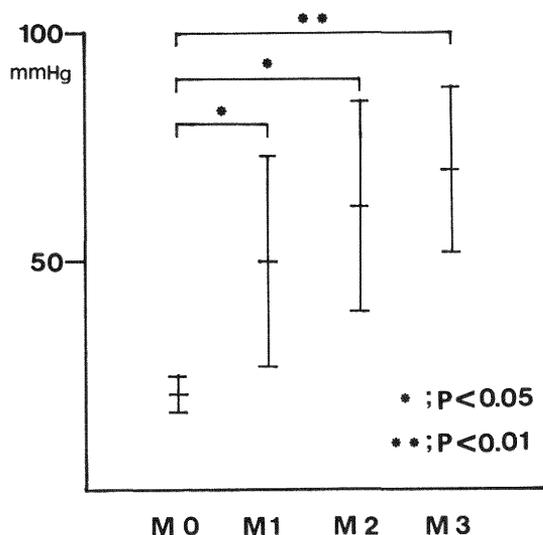


Fig. 4 Correlation of mean pulmonary arterial pressure with staging by lung scintigram.

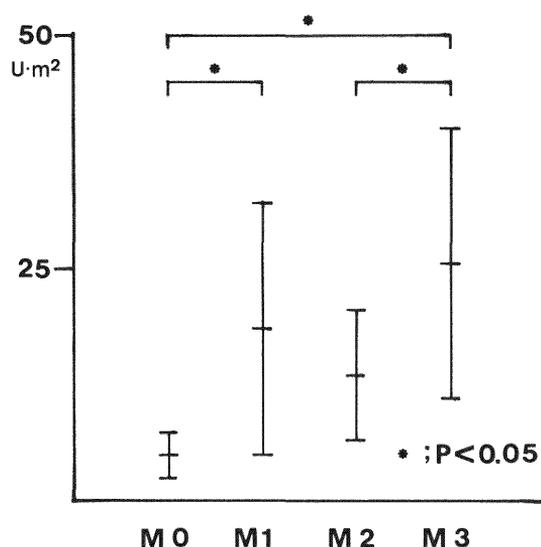


Fig. 5 Correlation of pulmonary vascular resistance with staging by lung scintigram.

Table 6 Correlation of Histological Findings with Grading by Lung Scintigram

	H-E3*	H-E2**	Total
M _{2,3}	10	2	12
M _{0,1}	1	2	3
Total	11	4	15

n=15

*Histological findings showed above Heath-Edwards grade 3

**Histological findings showed under Heath-Edwards grade 2

10例が、Heath-Edwards 分類3度以上であったのに対し、M₀・M₁ 群3例では、Heath-Edwards 分類3度以上は僅か1例で、M₂ 以上の症例に Heath-Edwards 3度以上の症例に肺血管病変の強い例が多く認められた (Table 6).

次に肺生検及び剖検資料から得た14例の肺組織の肺小動脈の肥厚度の解析を行いシンチ・イメージとの相関を検討した。Table 7 に14例の全例の肥厚度と、イメージの重症度を呈示した。M₁ 群では肥厚度の平均値は 6.89 ± 6.4, M₂ 群で 12.8 ± 6.5, M₃ 群では 13.7 ± 9.2 とイメージの重症度の悪化に平行して肥厚度も増大する傾向を認めた。

M₀ 例として呈示した症例で得られた肺生検組織の

Table 7 Histological findings and Scintigraphic findings

	Dx	M-grade	H-E grade	Index ^a
1.	VSD	M0	I	0.44
2.	PDA PHpo	M1	II	0.50
3.	PDA PHpo	M1	III	13.29
4.	ASD PH	M2	III	9.89
5.	TGA I po	M2	V	23.72
6.	VSD PH	M2	IV	6.96
7.	PPH	M2	VI	10.65
8.	ASD PH	M3	III	24.51
9.	VSD PH	M3	III	17.42
10.	PPH	M3	IV	25.09
11.	VSD PDA PH	M3	II	0.49
12.	ASD PH	M3	IV	9.04
13.	VSD PH	M3	III	2.43
14.	ASD PH	M3	III	16.85

a : Stenotic index

Hematoxylin-Eosin 染色を Fig. 6 に呈示した。中膜の軽度肥厚が認められるのみであり Heath-Edwards 分類で1度に相当するものと判定された。また本症例の肥厚度は0.44であった。

次に肺血流シンチグラフィが、M₁ と判定された、

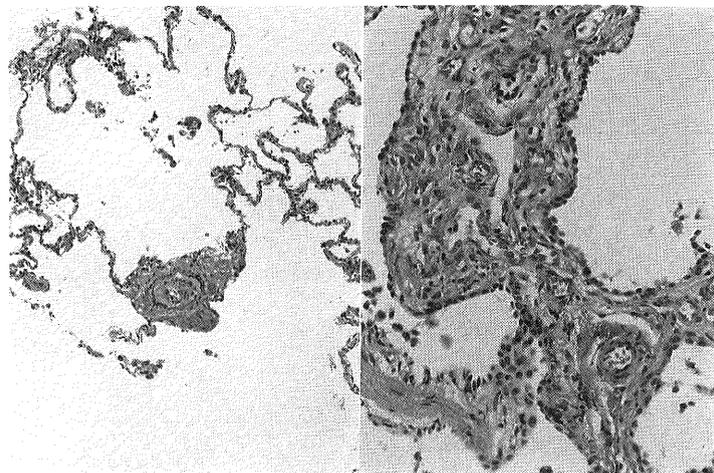


Fig. 6 Lung biopsy specimen obtained from patient of VSD. His lung scintigram grade was M0 (presented in Fig. 1). Heath-Edwards classification was grade I. So only mild medial hypertrophy was seen in this specimen.

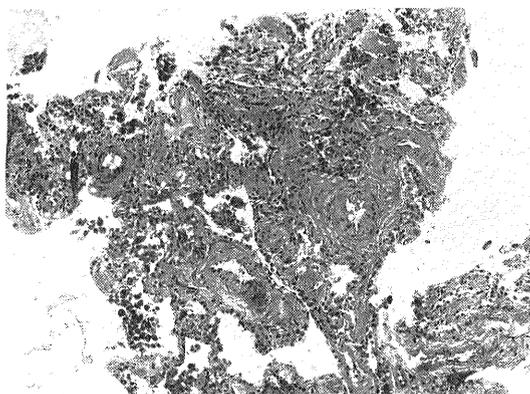


Fig. 7 Lung biopsy specimen obtained from patient of PDAPo. His lung scintigram grade was M1. And his mean pulmonary arterial pressure was 22mmHg. Heath-Edwards classification was grade II. Cellular intimal proliferation was seen in this specimen.

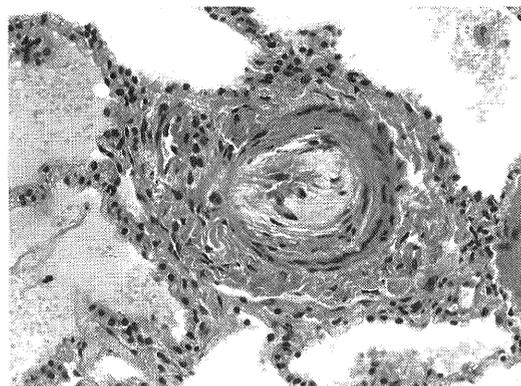


Fig. 8 Lung biopsy specimen obtained from patient of ASD PH. His lung scintigram grade was M2. And his mean pulmonary arterial pressure was 51 mmHg. Heath-Edwards classification was grade III. So medial hypertrophy and intimal fibrosis was seen in this specimen.

動脈管開存術後例で得られた、肺生検組織の Hematoxylin-Eosin 染色を Fig. 7 に呈示した。中膜の肥厚に加え、内膜の細胞性増殖が認められ、Heath-Edwards 分類で2度に相当するものと判定された。本症例の肥厚度は、0.50であった。

次に肺血流シンチグラフィが、M₂ と判定された、

心房中隔欠損、肺高血圧例で得られた肺生検組織の Hematoxylin-Eosin 染色を Fig. 8 に呈示した。中膜の肥厚と、内膜の線維性肥厚が認められ、Heath-Edwards 分類の3度に相当するものと判定された。本症例での肥厚度は16.85であった。

最後に、Fig. 2 で M₃ 例として呈示した症例で得ら

れた肺生検組織の Hematoxylin-Eosin 染色と Elastica van Gieson 染色を Fig. 9 に呈示する。中膜の肥厚と、内膜の線維性肥厚が認められ、Heath-Edwards 分類の3度に相当するものと判定された。同様に肥厚度は17.42であった。

考 按

小児期心疾患における肺高血圧の評価は、患児の予後推定および心内修復術の可・否との関連で重要である^{11) - 15)}。

これまでの高度肺高血圧患者に対する肺血流シンチグラフィは、主として成人領域で、原発性肺高血圧と肺梗塞後の肺高血圧の鑑別を目的に施行されており両者の鑑別に肺血流シンチグラフィは有用とされている^{16) - 19)}。両者の鑑別上の最も重要な点は、肺梗塞では、閉塞した肺動脈領域に一致した欠損像を呈するのに対し、原発性肺高血圧では、びまん性の比較的細かい欠損像を呈する点である。

本論文では、びまん性の細かい欠損像を“虫食い像の程度”と表現した。また対象を広く肺高血圧一般に拡大しさらに、肺血流シンチグラフィ所見の解析から肺高血圧の重症度の評価を試みた。このような試みはこれまで少なく、特に小児期の疾患に関しての検討はなされてい

ない^{20) 21)}。

虫食い像の出現する機序については、以下の様に考えられる。肺血流シンチグラフィの映像は、測定時に使用した大凝集アルブミン粒子の大きさに一致する、直径50 μm レベルの肺小動脈に、一過性の微小塞栓を生ずるためである²²⁾。しかし正常者では視覚的な灌流欠損は生じない。視覚的に、灌流欠損を生ずることは、直径50 μm レベルよりさらに太い、すなわち近位側の肺小動脈が狭窄していることを意味している。従って、これらの変化が、び慢性に生ずる事は、肺小動脈の狭窄が様々なサイズのレベルで起こり、かつ肺全体に起こっていると考えられる。従ってこれらの変化は、肺血管床の障害程度、すなわち肺組織所見の Heath-Edwards 分類上の変化と一致すると考えられる。しかしこの機序については、現時点では検証の方法がなく、推定の域をでない。

一方 Fig. 4, 5 で示したごとくイメージ上の悪化に伴い、肺動脈平均圧、肺血管抵抗値は、共にほぼ平行して上昇・悪化している。

また Table 6 で示したごとく、イメージ上、肺血管病変が高度と推定される群 (M₂・M₃) に、トラゾリンおよび100%酸素に対する反応の認められないものが有意に多く認められた。

そこで筆者は、肺血流シンチグラフィ所見と肺組織

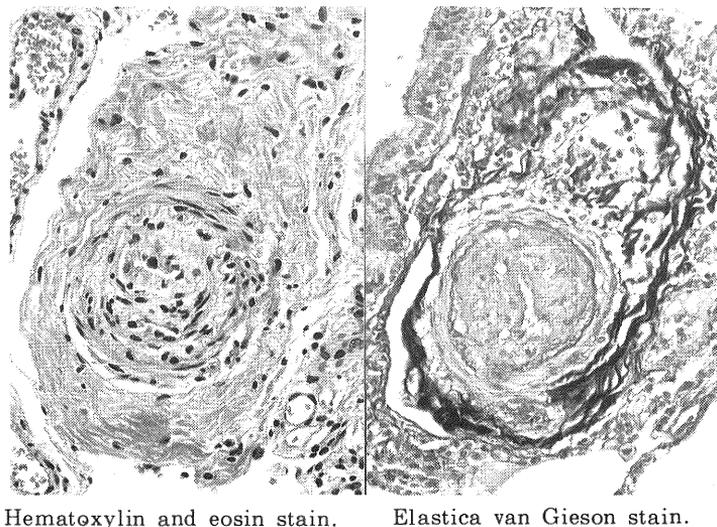


Fig. 9 Lung biopsy specimen obtained from patient of VSD, PH. His lung scintigram grade was M3 (presented in Fig. 2). Heath-Edwards classification was grade III. So medial hypertrophy and intimal fibrosis was seen in this specimen.

所見の相関性を明確にしようと試みた。

Table 7 で示した様にイメージの重症度の悪化に平行し肥厚度の平均値は、 $M_1: 6.89 \pm 6.4$, $M_2: 12.8 \pm 6.5$, $M_3: 13.7 \pm 9.2$ と肥厚度も増大する傾向を認めた。

以上から、心臓カテーテル検査所見、肺組織所見と比較的良好な一致を認めること、肺血管床を非侵襲的に評価できることから、肺高血圧の重症度診断上有用な補助手段となると考えた。特に肺血管床全体を可視的に評価できる点は、他に同様の評価のできる診断法がないことから本法の持つ大きな利点と考えた。

結 語

肺血流シンチグラフィによる肺血流分布像の所見の解析により以下の結果を得た。

1. 心臓カテーテル検査で得られた肺動脈平均圧、肺血管抵抗値、トラゾリン、100%酸素に対する肺血管の反応性と比較的良く一致した。

2. Hearth-Edwards 分類と比較的よく一致し、また、今回計測した肺小動脈肥厚度もイメージの重症度の悪化に平行し、肥厚度の平均値は、 $M_1: 6.89 \pm 6.4$, $M_2: 12.8 \pm 6.5$, $M_3: 13.7 \pm 9.2$ と肥厚度も増大する傾向を認めた。従って肺組織所見とも、ある程度的一致をみると考えられた。

3. 肺血流シンチグラフィには、肺血管床を可視的に評価できるという他の検査法にない利点があると考えられた。

4. 従って肺血流シンチグラフィは、肺高血圧の重症度評価、さらには肺血管病変の評価に有用な補助診断になり得ると考えた。

稿を終えるにあたり、御校閲頂きました新潟大学医学部小児科教授、堺 薫先生、ならびに国立循環器病センター小児科部長、神谷哲郎先生、さらに病理組織につき御指導頂きました国立循環器病センター臨床検査部長、由谷親夫先生に深謝いたします。

参 考 文 献

- 1) **Abraham M. Rudolph, Milton H. Paul, Leonard S. Sommer and Alexander S. Nadas:** Effects of Tolazoline Hydrochlorides (Priscoline) on Circulatory Dynamics of Patients With Pulmonary Hypertension. *Am. Heart J.*, **55**: 424~432, 1958.
- 2) 門間和夫, 中沢 誠, 細田典夫, 青木浩之: 心室中隔欠損症における肺高血圧の研究. *心臓*, **4**: 1169~1178, 1972.
- 3) **Monma, K., Takao, A., Ando, M., Nakazawa, M. and Takamizawa, K.:** Natural and Post-operative History of Pulmonary Vascular Obstruction Associated with Ventricular Septal Defect. *Jap. Circ. J.*, **45**: 230~237, 1981.
- 4) **GEOFFREY MORRISON, and FERGUS MACARTNEY:** Effects of oxygen administration, bicarbonate infusion, and brief hyperventilation on patients with pulmonary vascular obstructive disease. *Br. Heart J.*, **41**: 584~593, 1979.
- 5) 八巻重夫, 尾形 寛, 小原敏生, 羽根田潔, 伊藤孝, 鈴木康之, 石沢栄次: 高度肺高血圧症を伴う心室中隔欠損症及び動脈管開存症に対する酸素負荷試験と塩酸トラゾリン負荷試験について. *胸部外科*, **40**: 865~872, 1987.
- 6) 藤山純一, 吉田芳郎, 尾形 寛, 小原敏生, 村田祐二, 阿部淳一郎: Pulmonary wedge angiographyによるダウン症候群心疾患児の肺血管床の検討. *心臓*, **20**: 823~829, 1988.
- 7) 八巻重夫, 羽根田潔, 柳沼巖弥, 秋本弘治, 秋野能久, 伊藤 孝, 鈴木康之, 石沢栄次, 堀内藤吾, 尾形 寛: 高度肺高血圧症を伴う心室中隔欠損症及び動脈管開存症の肺生検診断による手術適応決定について. *日胸外会誌*, **35**: 2143~2151, 1987.
- 8) **Wagenvoort, C.A.:** Lung biopsy specimens in the evaluation of pulmonary vascular disease. *Chest*, **77**: 614~625, 1980.
- 9) **Disea, V.J., Cohn, L.H. and Grossman, W.:** Management of adults with congenital bidirectional cardiac shunts, cyanosis, and pulmonary vascular obstruction: Successful operative repair in 3 patients. *Am. J. Cardiol.*, **51**: 1495~1497, 1983.
- 10) **Richard A. Anderson, Arthur M. Levy, Richard L. Navey and Burton S. Tabakin:** Rapidly Progressive Pulmonary Vascular Obstructive Disease. Association with Ventricular Septal Defects During Early Childhood. *Am. J. Cardiol.*, **19**: 854~860, 1967.
- 11) **Donald Heath and Jesse E. Edwards:** The pathology of Hypertensive Pulmonary Vascular Disease. A Description of Six Grades of Structural Changes in the Pulmonary Arteries with Special Reference to Congenital Cardiac Defects. *Circula-*

- tion, 18: 533~547, 1958.
- 12) 諏訪紀夫, 高橋 徹, 荒井 茂, 古山美智子, 佐々木康彦: 動脈系の組織計測的研究. 医学のあゆみ, 37: 188~195, 1961.
- 13) 諏訪紀夫, 高橋 徹, 荒井 茂, 古山美智子, 大山茂, 山内祐一: 高血圧に対する動脈中膜の適応とその破綻の様式. 最新医学, 18: 763~774, 1963.
- 14) 堺 薫: 腎と高血圧. 牧 淳編集. 小児腎・尿路疾患の診療, p. 335, 1973.
- 15) 門間和夫: Eisenmenger 症候群. 高尾篤良総編集. 臨床発達心臓病学 第一版, p. 854, 1989.
- 16) **R. Lisbona, H. Kerisman, J. Novales-Daiz and V. Derbekyan**: Perfusion Lung Scanning: Differentiation of Primary from Thromboembolic Pulmonary Hypertension. *AJR*, 144: 27~30, 1985.
- 17) **Andrew J. Fishman, Kenneth M. Moser and Peter F. Fedullo**: Perfusion Lung Scans vs Pulmonary Angiography in Evaluation of Suspected Primary Pulmonary Hypertension. *Chest*, 84: 679~683, 1983.
- 18) **STUART RICH, GIUSEPPE G. PIETRA, KAREN KIERAS, KIMBERLEY HART and BRUCE H. BRUNDAGE**: Primary Pulmonary Hypertension: Radiographic and Scintigraphic Patterns of Histologic Subtypes. *Annals of Internal Medicine*, 105: 499 ~502, 1986.
- 19) **Matthew Horn, Wayne Hooper, Bernard Brach, William Ashburn and Kenneth Moser**: Postural Change in Pulmonary Blood Flow in Pulmonary Hypertension: A Noninvasive Technique Using Ventilation-Perfusion Scans. *Circulation*, 66: 621~626, 1982.
- 20) **A.G. Wilson, C.N. Harris, J.P. Lavender and C.M. Okaley**: Perfusion lung scanning in obliterative pulmonary hypertension. *Br. Heart J.*, 35: 917~930, 1973.
- 21) **Hayashida, K., Nishimura, T., Kumita, S. and Uehara, T.**: Scintigraphic determination of severity in pulmonary parenchymal damage in patients with atrial septal defect. *Eur J Nucl Med*, 16: 713~716, 1990.
- 22) 志田寿夫: 肺機能, 肺シンチグラフィ 永井輝夫, 佐々木康人 編集. 最新臨床核医学臨床応用編 第一版, p. 261, 1986.

(平成3年12月25日受付)