

《原 著》

小児気管支喘息の肺換気・血流シンチグラフィ

小野 誠治* 星 博昭** 渡辺 克司**

要旨 小児気管支喘息 18 例を対象として、 ^{133}Xe ガスを用いた肺換気シンチグラフィ（肺換気シンチ）および $^{99\text{m}}\text{Tc-MAA}$ を用いた肺血流シンチグラフィ（肺血流シンチ）を施行し、個々の症例の自覚症状の有無、聴診所見、%FVC、%FEV_{1.0} 等の肺機能検査結果との比較検討を行った。結果は、非発作時 17 例中 12 例 (70.6%) に肺換気シンチ上、また 17 例中 7 例 (41.2%) に肺血流シンチ上異常所見が認められ、非発作時においてすでに肺換気・肺血流異常が存在していた。また、聴診所見と核医学的検査所見 (RI 検査) との比較では、聴診所見で異常が高度の症例ほど RI 検査上の異常の程度も大きく、肺機能検査結果と RI 検査所見との比較では、%FVC、%FEV_{1.0} が低値の症例ほど RI 検査上の異常の程度も大きい傾向が認められた。喘息における肺換気・肺血流シンチは、非発作時においてもその病態把握に有効な検査法と思われた。

I. はじめに

小児気管支喘息(以下喘息)は、日常診療において比較的遭遇する機会の多い疾患である。しかし、その病態については、未だ不明な点が多い。

今回われわれは、喘息患児の肺機能評価として、核医学検査(以下 RI 検査)；肺換気シンチグラフィ(以下肺換気シンチ)、肺血流シンチグラフィ(以下肺血流シンチ)を施行し、その検査所見と自覚症状(非発作時か発作時か)、聴診所見および %FVC、%FEV_{1.0} との比較検討を行ったので、若干の文献的考察を加えて報告する。

II. 対象と方法

対象は、喘息患児 18 例で、その内訳は非発作時症例 15 例、発作時症例 1 例および非発作時・発作時の両方で検査施行した症例 2 例である。年齢は 8~16(平均 11.5) 歳、性別は男児 7 例、女児 11 例である。使用装置は、SIEMENS 社製ガンマ

カメラ ZLC 7500 で中エネルギー用平行多孔型コリメータを装着し、データ収集・処理には島津社製シンチパック 70A を用いた。用いた放射性医薬品は、肺換気シンチが ^{133}Xe ガス 10 mCi、肺血流シンチが $^{99\text{m}}\text{Tc-MAA}$ 3 mCi である。

核医学的肺機能検査(以下 RI 肺機能検査)は、患児を背臥位とし下面にガンマカメラをセットし、肺換気シンチ、肺血流シンチの順で施行した。まず ^{133}Xe ガス 10 mCi と空気約 5.0 l の混合ガスを安静呼吸にて反復吸入させ、60 秒で phase 1(吸入期；約 40 秒)、phase 2(平衡期；約 20 秒)を得、その後の 120 秒で phase 3(洗い出し期)の肺換気シンチを行った。その後直ちに、右正中静脈より $^{99\text{m}}\text{Tc-MAA}$ 3 mCi を静注し、50 秒で phase 4(分布期；約 10 秒)、phase 5(平衡期約 40 秒)の肺血流シンチを行い、これらのデータより \dot{V}/\dot{Q} マップを作成した。なお \dot{V}/\dot{Q} マップの作成方法は、Alpert ら¹⁾の報告に基づき ^{133}Xe ガス洗い出し期のクリアランス曲線より換気率を算出、これと気量を乗じて \dot{V} マップ(吸入分布像)を作成。さらに $^{99\text{m}}\text{Tc-MAA}$ の 1 回静注法から \dot{Q} マップ(血流分布像)を作成し、正規化された両像の割算を実行して \dot{V}/\dot{Q} マップを作成した。シンチグラム撮影条件は、肺換気シンチが 10 秒/1 コマで 16 コマ、肺血流シンチが 2 秒/1 コマで 16 コマであ

* 国立療養所宮崎東病院放射線科

** 宮崎医科大学放射線医学教室

受付：63 年 1 月 6 日

最終稿受付：63 年 8 月 22 日

別刷請求先：宮崎県宮崎郡清武町大字木原 5200

(☎ 889-16)

宮崎医科大学放射線医学教室

小野 誠治

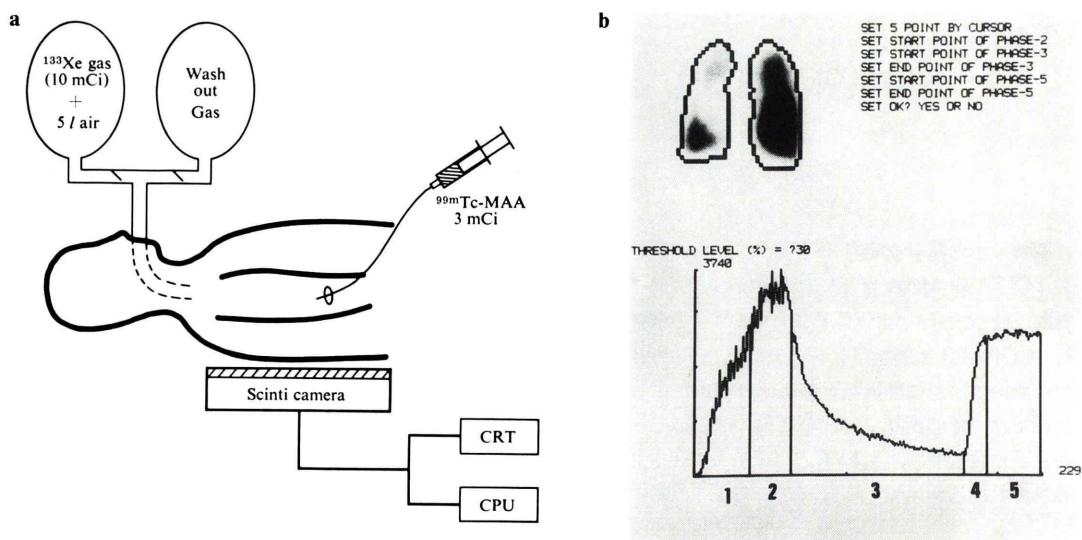


Fig. 1a Set up of patient in pulmonary ventilation and perfusion scintigraphy.

1b Time-activity curve of ventilation and perfusion scan in ROI on entire lung field.

Table 1 Results of auscultation, pulmonary function and lung ventilation and perfusion scan in 18 cases

| Case No. | Age | Sex | Auscultation (Grade) | Pulm. function | | Lung scan | | |
|----------|-----|-----|----------------------|----------------|---------------------|-----------|----|------|
| | | | | %FVC | %FEV _{1.0} | V | Q | ̄V/Q |
| 1 | 8 | F | 0 | 87 | 81 | + | + | - |
| 2 | 10 | M | 0 | 109 | 76 | - | - | - |
| 3 | 11 | M | 0 | 122 | 92 | - | - | - |
| 4 | 11 | F | 0 | 103 | 85 | - | - | - |
| 5 | 11 | F | 0 | 98 | 70 | + | - | - |
| 6 | 13 | M | 0 | 116 | 79 | - | - | - |
| 7 | 13 | M | 0 | 110 | 72 | + | + | + |
| 8 | 14 | F | I | 116 | 73 | + | - | - |
| 9 | 8 | F | II | 105 | 68 | + | - | - |
| 10 | 8 | F | II | 80 | 66 | + | + | + |
| 11 | 11 | M | II | 107 | 66 | ++ | + | + |
| 12 | 13 | F | II | 93 | 71 | ++ | ++ | + |
| 13 | 14 | F | III | 107 | 70 | + | - | - |
| 14 | 10 | F | III | 86 | 63 | ++ | ++ | + |
| 15 | 11 | F | III | 92 | 62 | ++ | ++ | + |
| 16 | 16 | F | IV | 85 | 68 | ++ | ++ | - |
| 17 | 10 | M | I | 94 | 62 | + | - | + |
| 18 | 15 | M | IV | 73 | 43 | ++ | ++ | + |
| 18 | 15 | M | IV | 103 | 76 | - | - | - |
| 18 | 15 | M | IV | 92 | 58 | ++ | ++ | + |

O: during attack case Pulm. function: Pulmonary function

V: Ventilation scan Q: Perfusion scan

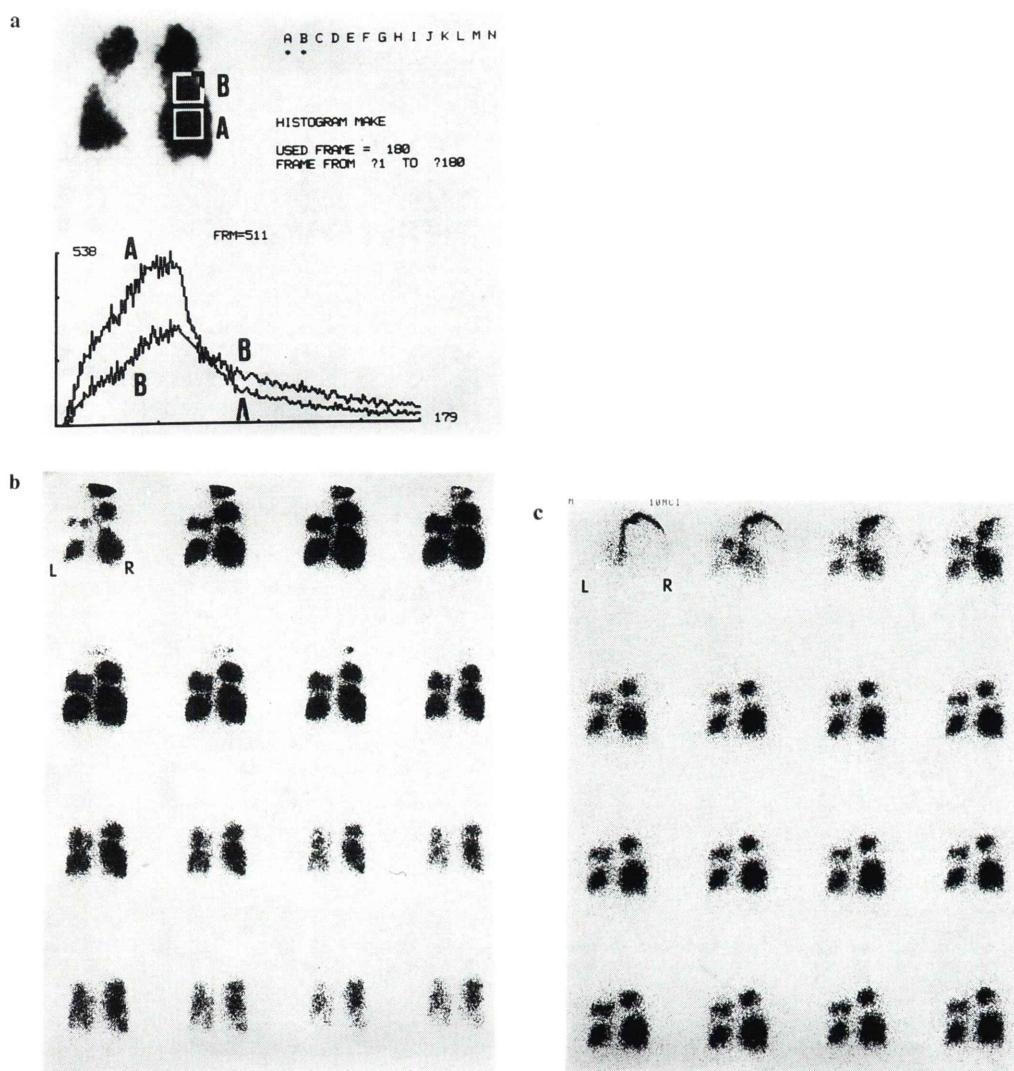


Fig. 2a Case 16. Time-activity curves of normal (A) and abnormal (B) area on ventilation image.

2b Case 16. Ventilation scan images showing inhalation disturbance and marked delay of wash-out on bilateral middle lung field. The images are obtained at an interval of 10 seconds per frame.

2c Case 16. Perfusion images showing marked defects on bilateral middle lung field. These images were obtained at an interval of 10 seconds per frame.

る。データ収集は、肺換気・肺血流とともに1秒1frameで180frame行った。Fig. 1aに検査方法のシェーマ、Fig. 1bに、phase 1-5の全肺野の放射活性から作成したヒストグラムを示した。

検討項目は、自覚症状の有無(非発作時か発

作時か)，聴診所見，肺機能検査成績(%FVC, %FEV_{1.0})結果およびRI肺機能検査成績(肺換気シンチ，肺血流シンチ)の比較検討である。なお，聴診所見上のGradeは，深呼吸にてrales(以下ラ音)のないものをGrade 0，深呼吸にて呼気の



みラ音のあるものを Grade I, 深呼吸にて呼気・吸気ともにラ音のあるものを Grade II, 安静呼吸ですでに呼気にラ音のあるものを Grade III, 安静呼吸で呼気・吸気ともにラ音のあるものを Grade IV と分類した。また、RI 肺機能検査の判定は、肺換気シンチでは、吸入期欠損像・洗い出し遅延像ともにないものを(−), 洗い出し遅延像のみあるものを(+), 吸入期欠損像・洗い出し遅延像ともにあるものを(++)とし、肺血流シンチでは、欠損像のないものを(−), 分布期のみ欠損像のあるものを(+), 分布期・平衡期ともに欠損像のあるものを(++)とした。さらに、肺換気・肺血流シンチ全過程の収集データより処理作成した \dot{V}/\dot{Q} マップにて、分布不均等のないものを(−), あるものを(+)とした。なお、肺機能検査 %FVC, %FEV_{1.0} はそれぞれ 80% 以上, 70% 以上を正常値とした。

III. 結 果

全症例の検査結果を Table 1 に示した。第 16 症例は発作時のみ、第 17, 18 症例は発作時と非発作時の両方で検査施行した。

聴診所見と RI 肺機能検査結果との関係は、非発作時のみに限ると Grade 0 の 8 例中肺換気シンチ、肺血流シンチで異常の認められたものはそれぞれ 3 例、1 例と少なかったが、Grade I の 2 例では肺換気シンチ 2 例、肺血流シンチ 0 例、Grade II の 4 例では肺換気シンチ 4 例、肺血流シンチ 3 例、Grade III の 3 例では肺換気シンチ 3 例、肺血流シンチ 2 例で機能低下を認め、聴診所見の Grade が高いものほど RI 肺機能検査結果も異常

の頻度も高かった。

非発作時の 17 例のうち、肺換気シンチで異常が認められたものは 12 例 (70.6%), 肺血流シンチで異常のあったものは 17 例中 7 例 (41.2%) であったが、後者の 7 例は全例前者の 12 例中に含まれていた。

肺機能検査結果 (%FVC, %FEV_{1.0}) と肺換気、肺血流シンチとの関係では、RI 肺機能検査上異常のあるものは、異常のないものに比べ %FVC, %FEV_{1.0} は低値であり、特に %FEV_{1.0} が低値のものが多かった。さらに RI 肺機能検査上異常のあった症例に限ると、肺換気、肺血流シンチともに異常であるものの方が、肺換気シンチのみ異常のあるものより %FVC, %FEV_{1.0} が低値である傾向が認められた。また、 \dot{V}/\dot{Q} マップについては、肺換気・肺血流シンチとともに異常の程度の大きいものに分布不均等が認められる傾向があった。

IV. 症 例

【症例 16】

16 歳、女性。検査時自覚症状のあった(発作時)症例である。聴診所見は Grade IV、肺機能検査では、%FVC が 85%, %FEV_{1.0} が 68% であった。

Figure 2a に本症例の肺換気シンチ上の異常部位と、正常部位に ROI を設定し、phase 1～phase 3 の放射活性よりヒストグラムを作成した。phase 1 では異常部位への RI 流入が悪くカウントが減少しているが、phase 3 の洗い出し期に入ると曲線は逆転し、異常部位のカウントは高く、異常部位では空気の流入は悪く、かつ洗い出しも遅延している様子がうかがわれる。

- ◀ Fig. 3a Case 17. (during no attack) Ventilation images showing slight delay of wash-out in left lower lung field.
- 3b Case 17. (during no attack) Perfusion images showing almost normal findings.
- 3c Case 17. (during no attack) \dot{V}/\dot{Q} map showing almost homogeneous distribution except for pulmonary hilum.
- 3d Case 17. (during attack) Ventilation images showing marked delay on bilateral (especially right) middle lung fields.
- 3e Case 17. (during attack) Perfusion images showing defects on bilateral middle lung fields.
- 3f Case 17. (during attack) \dot{V}/\dot{Q} map showing obviously inhomogeneous distribution.

Figure 2b に同症例の肺換気シンチ, Fig. 2c に肺血流シンチを示した。両側中肺野に肺換気・肺血流異常が認められる。

【症例 17】

10歳、男児。発作時、非発作時の両方で検査施行した症例である。聴診所見は非発作時 Grade I, 発作時は Grade IV であった。肺機能検査は、%FVC, %FEV_{1.0} それぞれ非発作時が 94%, 62%, 発作時が 73%, 43% であった。Fig. 3a に非発作時の肺換気シンチ, Fig. 3b に肺血流シンチ, Fig. 3c に \dot{V}/\dot{Q} マップを, Fig. 3d に発作時の肺換気シンチ, Fig. 3e に肺血流シンチ, Fig. 3f に \dot{V}/\dot{Q} マップを示した。非発作時においてすでに肺換気シンチ上左下肺野に軽度の洗い出し遅延を認めるが、発作時では左右中肺野に軽度の吸入期欠損像と、同部位特に右中肺野に明らかな洗い出し遅延が認められる。また肺血流シンチでも、非発作時には異常は認められないが、発作時には左右中肺野に明らかな欠損像が認められる。 \dot{V}/\dot{Q} マップでは、非発作時すでにわずかながら分布不均等を認めるが、発作時では左右中肺野、下肺野および右肺尖部の分布不均等が著明となっている。

V. 考 察

小児気管支喘息は、日常診療において比較的遭遇する機会の多い疾患であるが、その病態については、未だ不明の点も多いようである。今回われわれは、喘息患児 18 例に対し肺換気シンチおよび肺血流シンチを施行し、その RI 検査結果と自覚症状、聴診所見ならびに肺機能検査成績(%FVC, %FEV_{1.0})との比較検討を行った。

1962 年に Ball ら²⁾ が ¹³³Xe ガスを用いた 1 回換気法を提唱して以来、喘息をはじめとする慢性閉塞性肺疾患の肺換気シンチ、また肺容量分布や洗い出し状況をイメージ上に表現する手段としての ¹³³Xe ガスの有用性について多くの報告^{3~8)} がなされ、今日なお広く用いられているのが現状である。著者らも現在のところ、いくつかの欠点はあるものの、慢性閉塞性肺疾患に対する肺換気シンチ、RI 肺換気機能検査に用いる放射性医薬品

としては、¹³³Xe ガスが最も優れているものと考えている。

喘息は発作性疾患であり、非発作時は %FVC, %FEV_{1.0} が正常値を示す症例が多い。しかし発作時では、まず、FEV_{1.0}, %FEV_{1.0} が低下し、さらに重症になると %FVC, FEV_{1.0}, %FEV_{1.0} のすべてが著明に低下していくと言われている⁹⁾。われわれの症例では、非発作時に検査施行した症例の聴診所見では Grade 0 が 17 例中 8 例 (47.1%), Grade I が 2 例 (11.8%), Grade II が 4 例 (23.5%) であり、また、%FVC は 17 例中 17 例 (100%), %FEV_{1.0} は 17 例中 11 例 (64.7%) が正常値を示し、大部分の症例で肺機能は自覚的、他覚的に正常であると思われた。しかしながら、RI 検査では、肺換気シンチで 17 例中 12 例 (70.6%) に、肺血流シンチで 17 例中 7 例 (41.2%) に異常所見が認められており、すなわち喘息では %FVC, %FEV_{1.0} で異常のない非発作時においても、RI 検査上は、すでに肺換気、肺血流異常が存在していることが明らかとなった。このことは、喘息患児では非発作時でも flow volume curve で \dot{V}_{50} , \dot{V}_{25} が低下することが多いとする Mansell¹⁰⁾, 西間¹¹⁾ の報告を異なった角度から支持するものと思われ、さらに flow volume curve 上の \dot{V}_{25} , \dot{V}_{50} が、effort-independent の部分での肺の末梢気道状態を反映していることを考慮すれば、今回の肺換気シンチ、肺血流シンチは、これをイメージ上で表現したものと思われる。肺血流シンチにおいて異常の認められた 7 例は、全例肺換気シンチですでに異常の認められた 11 例中に含まれており、さらに \dot{V}/\dot{Q} マップ上分布不均等の認められた症例では、肺換気・肺血流シンチでも異常が高度の傾向が認められた。これらは Heckscher ら¹²⁾, Wilson ら¹³⁾, 伊藤ら¹⁴⁾ が報告しているように、喘息における換気不均等分布の程度は、血流不均等分布の程度より著しいとの報告に一致していると思われる。現在のところ、その発生機序に未だ不明な点は多いものの、喘息における肺血流異常は肺換気異常に伴い二次的に生ずるものとする知見を支持するものと思われた。

^{133}Xe ガスを用いた肺換気シンチを施行する際、検者、被検者の被曝、室内汚染および検者の平常呼吸が得にくい点などが問題点に挙げられていましたが、最近では比較的平常呼吸に近い状態で、ほぼ完全な閉鎖回路が得られる装置の改良もなされており、これらを応用することで、個々の症例のより正確な病状の把握が可能となり得るものと思われる。また、治療面においても、種々の喘息治療薬が開発市販されている昨今、個々の症例に適した薬剤の選択、および、その効果判定が必要となるが、その一手段としても ^{133}Xe ガスを用いての肺換気シンチ・RI 肺機能検査は、きわめて有用性が高いものと思われる。

VI. 結語

小児気管支喘息 18 例を対象に、 ^{133}Xe ガス肺換気シンチおよび $^{99\text{m}}\text{Tc-MAA}$ 肺血流シンチを施行し、次の結果を得た。

- 1) 非発作時症例 17 例中、肺換気シンチで異常を認めたものは 12 例 (70.6%)、肺血流シンチで異常を認めたものは 7 例 (41.2%) であった。
- 2) 非発作時に肺血流シンチで異常を認めた 7 例は、全例肺換気シンチで異常を認めた。
- 3) 聴診所見、肺機能検査結果の悪い症例ほど肺換気・肺血流シンチでの異常の程度も強い傾向があった。
- 4) 肺換気・肺血流シンチで異常の大きい症例に \dot{V}/\dot{Q} マップでの不均等分布が認められる傾向があった。

稿を終えるにあたり、本研究の機会をお与え下さった国立療養所宮崎東病院井上健次郎先生ならびにご協力い

ただいた同小児科諸先生方に深謝いたします。

文 献

- 1) Alpert NM, McKusick KA, Correia JA, et al: Initial assessment of a simple functional image of ventilation. *J Nucl Med* **18**: 88-92, 1977
- 2) Ball WC, Stewart PB, Newsham LGS, et al: Regional pulmonary function studied with Xenon 133. *J Clin Invest* **41**: 519-531, 1962
- 3) Bentivoglio LG, Bearel F, Bryan AC, et al: Regional pulmonary function studied with Xenon 133 in patients with bronchial Asthma. *J Clin Invest* **42**: 1193-1200, 1963
- 4) Heckscher T, Bass H, Oriol A, et al: Regional lung function in patients with bronchial asthma. *J Clin Invest* **47**: 1063-1070, 1968
- 5) Wilson AF, Surprenant EL, Beall GN, et al: The significance of regional pulmonary function changes in bronchial asthma. *Amer J Med* **48**: 416-423, 1970
- 6) 古館正従、伊藤和夫、志田 晃、他：閉塞性肺疾患の核医学的診断。臨床放射線 **26**: 727-732, 1981
- 7) 長谷川鎮雄、木村敬二郎、力武知之： ^{133}Xe の特徴と臨床の応用。肺と心 **24**: 181-188, 1977
- 8) 山田公二、杉田 実、岸本 亮、他：肺局所 ^{133}Xe 洗い出し曲線の解析。核医学 **12**: 261-272, 1975
- 9) 厚生省保健医療局国立療養所課監修、小児気管支喘息ハンドブック, pp. 81-108, 1984
- 10) Mansell A: Airway closure in children. *J Appl Physiol* **33**: 711-714, 1972
- 11) 西間三馨：健康小児及び非発作時の気管支喘息児の Flow-Volume Curve. 臨床と研究 **54**: 525-530, 1977
- 12) Heckscher T, Bass H, Oriol A, et al: Regional lung function in patients with bronchial asthma. *J Clin Invest* **47**: 1063-1070, 1968
- 13) Wilson AF, Surprenant EL, Beall GN, et al: The significance of regional pulmonary function changes in bronchial asthma. *Amer J Med* **48**: 416-423, 1970
- 14) 伊藤新作、松井嘉孝、沢木政好、他： $^{81\text{m}}\text{Kr}$ による気管支喘息患者の換気・血流分布。核医学 **16**: 575-582, 1979

Summary

Pulmonary Ventilation and Perfusion Scintigraphy in Patients with Bronchial Asthma

Seiji ONO*, Hiroaki HOSHI** and Katsushi WATANABE**

*Department of Radiology, Miyazaki Higashi Byouin National Sanatorium

**Department of Radiology, Miyazaki Medical College

Pulmonary ventilation and perfusion scan using Xe-133 gas and Tc-99m MAA were performed in 18 patients with bronchial asthma to evaluate the regional pulmonary function.

The scintigraphic findings were compared with the results of the auscultation and the conventional pulmonary functioning examination (%FVC, %FEV_{1.0}).

Ventilation image showed abnormality in 12 (70.6%) out of the asymptomatic 17 patients and perfusion image showed abnormality in 7 (41.2%)

out of 17 patients. These 7 patients with abnormality on perfusion image all showed abnormality on ventilation image. The grade of abnormality in scintigraphic findings was compatible with the values of %FVC and %FEV_{1.0}.

In conclusion Xe-133 ventilation and Tc-99m MAA perfusion scan were useful procedures to estimate the pulmonary function of patients with bronchial asthma.

Key words: Bronchial asthma, Lung ventilation scintigraphy, Lung perfusion scintigraphy.