



Title	肺塞栓症における肺胞性死腔性死腔領域のFunctional Imageによる検討
Author(s)	檜林, 勇; 末松, 徹; 竹村, 知恵子 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1984, 44(6), p. 823-830
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/20180
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

肺塞栓症における肺胞性死腔領域の Functional Image による検討

神戸大学医学部放射線医学教室

植林 勇 末松 徹 竹村知恵子 杉村 和朗
大西 隆二 伊藤 一夫 松尾 導昌 井上 善夫
西山 章次 木村 修治

(昭和58年10月5日受付)

(昭和58年11月16日最終原稿受付)

Evaluation of Alveolar Dead Space in Pulmonary Embolism by Using Functional Images

Isamu Narabayashi, Toru Suematsu, Chieko Takemura, Kazuro Sugimura,
Ryuji Onishi, Kazuo Ito, Michimasa Matsuo, Yoshio Inoue,
Shoji Nishiyama and Shuji Kimura
Department of Radiology, Kobe University School of Medicine, Kobe

Research Code No. : 722

Key Words : Alveolar dead space, Functional image,
Pulmonary embolism, $V \dot{Q}$ ratio, Single
photon emission CT

Ventilation studies with Xe-133 gas and Kr-81m gas, and perfusion imagings with Tc-99m MAA were performed in 32 patients for diagnosing pulmonary embolism.

Alveolar dead space on functional image was studied. $V \dot{Q}$ ratios were greatly increased in the embolic regions within lungs, in which ventilation persisted despite no or decreased blood flow. Therefore, functional image of $V \dot{Q}$ ratios could determine areas of wasted ventilation optically. We could also make laminal display of $V \dot{Q}$ image by reconstruction of single photon emission CT with continuous inhalation of Kr-81m gas and intravenous injection of Tc-99m albumin microsphere. Few cases showed reduction of %FEV1.0 and many cases were hypoxic hypocapnia. The size and number of alveolar dead space on functional image were not always related to the results of arterial blood gas analysis. It is considered that these findings resulted from the presence of intrapulmonary shunts in the embolic regions.

I. 緒 言

肺塞栓症の発生頻度は欧米で高く、本邦のほぼ10倍と指摘されている。しかしながらわが国でも食餌、栄養状態、環境の変化から本症は漸次増加していると報告されており¹⁾、今後ますます増加することも考えられる。

本症に対する肺換気・血流シンチグラフィの診

断的価値は高く、治療効果の観察にも有用である。肺塞栓症における肺胞性死腔領域をファンクショナルイメージで検討し、肺機能成績、血液ガス分析と対比しつつ若干の考察を加えた。

II. 方 法

神戸大学医学部附属病院中央放射線部に肺塞栓症あるいは肺動脈閉塞が疑われて肺シンチグラ

フィの依頼のあった32例を対象とした。血流シンチグラフィには ^{99m}Tc -MAAあるいは ^{99m}Tc -albumin microsphere (10~25 μm)を用い、換気シンチグラフィは ^{133}Xe ガス、 ^{81m}Kr ガスにて行なった。シンチカメラからの全てのイメージを核医学用コンピュータ(東芝GMS80-A, 島津シンチパック2400)に入力し、局所換気・血流評価のための

ファンクショナルイメージを作成した。

肺シンチグラフィの施行時期は発症後1週間から1カ月後であり、発症直後に検査を施行した症例はなかった。ただ、リンパ造影後の症例は足背のリンパ管へ油性造影剤リビオドール10~14ml注入後24時間で肺シンチグラフィを行なった。これらの原疾患は膀胱癌、子宮癌、悪性リンパ腫で

Table 1 Extent of perfusion defects vs incidence of decrease in values of pulmonary function test

Perfusion defect	%VC	%FEV _{1.0}	PaO ₂	PaCO ₂	DL _{co}
Labor					
~Segmental	1/6	1/6	5/5	4/5	1/3
Subsegmental					
~Inhomogeneous	3/5	0/5	2/3	1/3	0/1
Total	4/11	1/11	7/8	5/8	1/4



Fig. 1-a. Chest X-ray

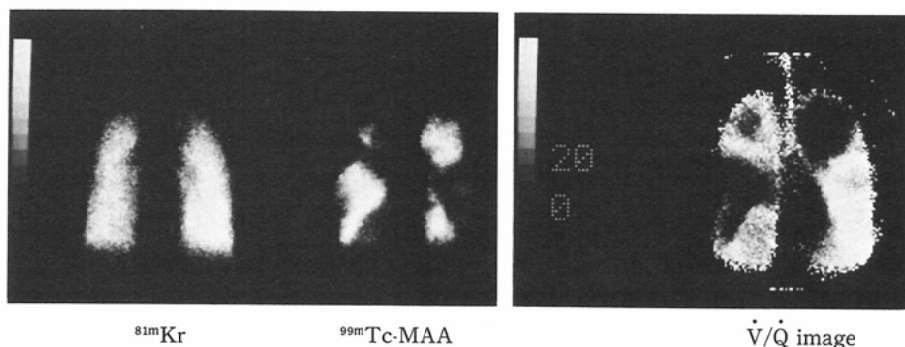


Fig. 1-b.

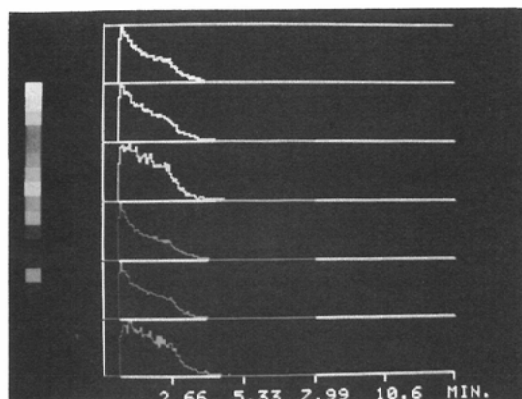
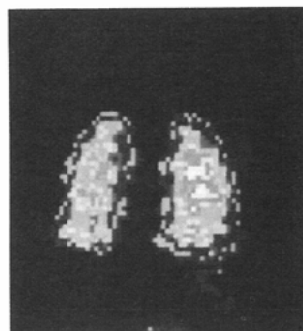
¹³³Xe ventilation study

Fig. 1-c.



MTT image

Fig. 1-d.

Fig. 1-a Case 1, PA chest X-ray shows no apparent abnormality.

Fig. 1-b Case 1, ^{81m}Kr ventilation image appears to be normal. ^{99m}Tc-MAA perfusion image demonstrate multiple segmental and subsegmental defects of blood flow to the embolic regions within the both lungs. $\dot{V}/\dot{Q}$ functional image shows existence of multiple areas of alveolar dead space.

Fig. 1-c Case 1, ¹³³Xe ventilation study is unremarkable in the entire lung, both upper regions, both middle regions and both lower regions.

Fig. 1-d Case 1, ¹³³Xe MTT image is normal.

あった。

III. 結果および画像処理

肺シンチグラフィを行なった32症例中23例に多発性血流欠損がみられ、肺葉性4例、区域性3例、亜区域性13例にみられ、リンパ造影後の脂肪微小塞栓は5例中3例にRI分布不均一としてみられた。これらはいずれも換気イメージ上異常はなく、換気・血流不均衡を示した。肺シンチグラフィと同時期に肺機能検査、血液ガス分析を行ない得た症例の血流イメージの所見との対比をTable 1に示した。これは肺癌、肺気腫等の合併症を有するもの、リンパ造影後の脂肪塞栓の症例は除外した。1秒率の低下は1例に認めるのみであるが、10例中4例に%VCの低下がみられた。

また、 PaO_2 、 $PaCO_2$ は大半の症例で低下していたが、血流欠損の大きさや数とは必ずしも関連性を見出せなかった。

下肢静脈血栓より招来した多発性肺塞栓症の肺シンチグラムをFig. 1に示した。胸部X線像上異常はみられない (Fig. 1-a)。^{81m}Krガス連続吸入による換気イメージでは換気分布はほぼ正常であ

る。^{99m}Tc-MAAによる血流イメージでは区域および亜区域性の多数の欠損がみられる。換気・血流比ファンクショナルイメージでは両肺に区域および亜区域性の多数の $\dot{V}/\dot{Q}$ 比増大領域がみられ、容易に肺胞性死腔領域の形成が理解される (Fig. 1-b)。

¹³³XeガスをRV位よりTLC位までボース吸入後15秒間の呼吸停止、続いて閉鎖回路内で反復呼吸させ、3分後より洗い出しを観察した。両肺をそれぞれ3等分、全肺を6区画にし、各々について諸数値をみると、各コンパートメント共 $\dot{V}$ 、 $\dot{V}$ は良好で、洗い出しも速やかである (Fig. 1-c)。洗い出し曲線より height over area 法で算出した平均通過時間 (MTT) のファンクショナルイメージでは¹³³Xeのリテンションはみられない (Fig. 1-d)。

リンパ造影後の脂肪塞栓の肺シンチグラムをFig. 2に示した。症例は56歳の男性で膀胱癌の診断で油性ヨード造影剤 lipiodol ultrafluide 14mlをKinmonth法により両足背リンパ管内に注入した。24時間後の胸部X線像では左鎖骨上窩静脈

角近傍に造影剤がみられ、X線像上明らかではないが肺野に多発性微小塞栓を来していると考えられる (Fig. 2-a).

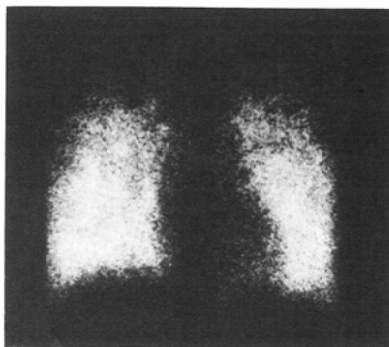
肺機能検査では%VC 100.5%, 1秒率79.4%と正常範囲内であるが、 $\dot{V}_{50}$, $\dot{V}_{25}$ に低下がみられ、末梢気道の気道抵抗の増大が考えられる。血流イメージでは全肺野にびまん性に不均一分布がみられた (Fig. 2-c). ^{133}Xe 換気検査では洗い出しは速やかでリテンションはみられなかった (Fig. 2-c).

大動脈炎症候群による肺動脈閉塞症例を Fig. 3に示した。症例は26歳の女性で胸部X線像上肺野に異常はみられない (Fig. 3-a). 血管造影にて

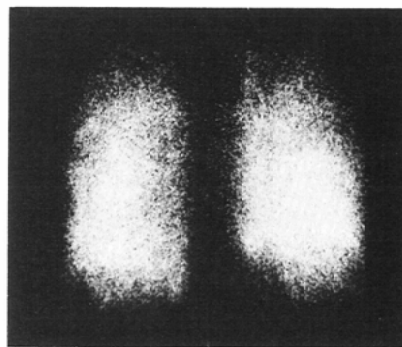
左総頸動脈は起始部で閉塞し、右総頸動脈も広狭不整像を示す。肺動脈造影では右肺動脈上葉枝の閉塞がみられた (Fig. 3-b). $^{81\text{m}}\text{Kr}$ ガスと $^{99\text{m}}\text{Tc-MAA}$ による $\dot{V}/\dot{Q}$ 比ファンクショナルイメージでは右上葉の肺胞性死腔領域が明らかである (Fig. 3-c). SPECT 像の横断像では右上葉は $^{81\text{m}}\text{Kr}$ ガス像では異常を認めないが、血流イメージは欠損像を示し、 $\dot{V}/\dot{Q}$ 比イメージでは同部の $\dot{V}/\dot{Q}$ 比の増大が明らかである (Fig. 3-d). なお、SPECT 画像の $\dot{V}/\dot{Q}$ 比イメージの作成にはプロジェクションデータに含まれる不必要な周波数成分の雑音によるアーティファクトを除去するために Butterworth と Wiener のフィルタを使用し



Fig. 2-a. Chest X-ray



Anterior view



Posterior view

Fig. 2-b. $^{99\text{m}}\text{Tc-MAA}$

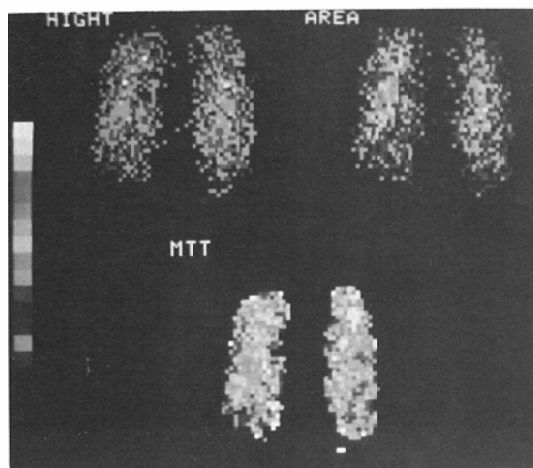
c. ^{133}Xe MTT image

Fig. 2-a Case 2, Chest roentgenogram shows no apparent abnormality at 24 hours after lymphography.

Fig. 2-b Case 2, Perfusion images, anterior and posterior views, at 24 hours after lymphography show markedly inhomogeneous distribution of activity within the both lungs.

Fig. 2-c Case 2, ^{133}Xe MTT functional image shows rapid clearance of activity.

た。また、肺野の輪郭描出には最高カウント値の20%以下のレベルカット法にてマスク処理を行った。また $\dot{V}/\dot{Q}$ の計算には各断層像のカウントの総和を全断層面のカウントの総和で正規化した。

IV. 考 察

肺塞栓症はわが国でも増加しつつあり、都市部程頻度が高いといわれている¹⁾。

肺塞栓症の臨床症状は多彩であり、呼吸困難、胸痛、血痰などにより突然発症するが、本症に特

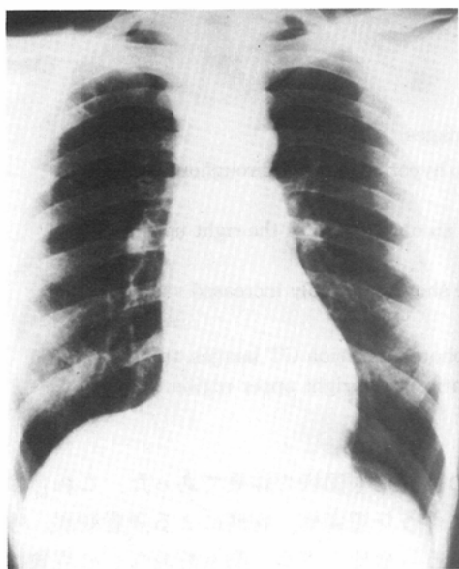


Fig. 3-a. Chest X-P

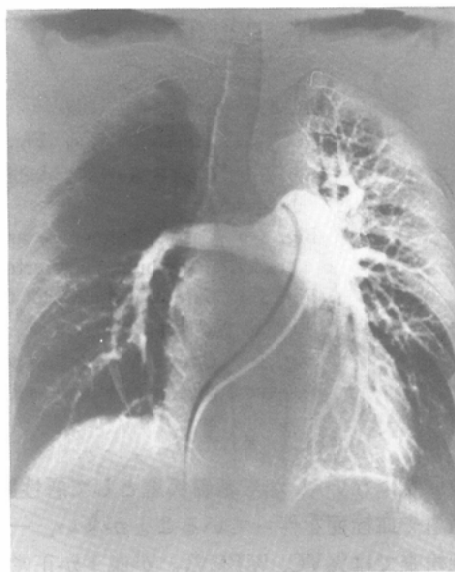


Fig. 3-b. Pulmonary angiogram

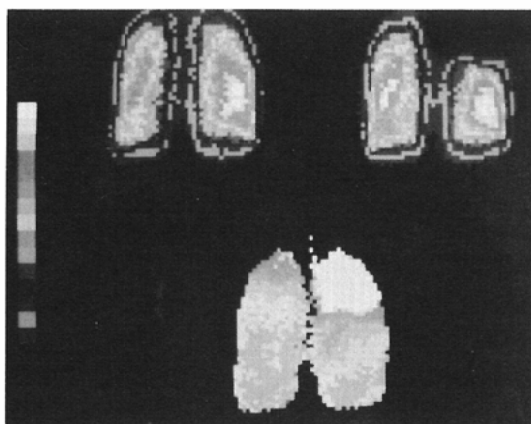
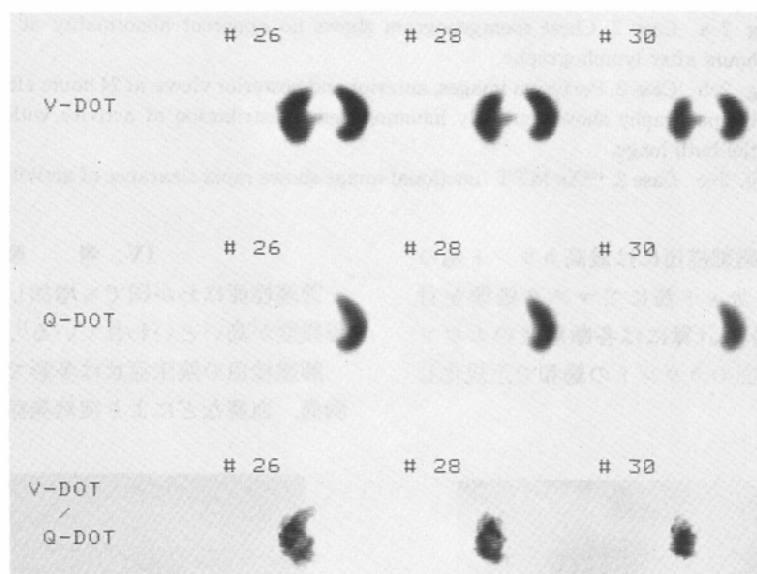
Fig. 3-c. $\dot{V}$, $\dot{Q}$ and $\dot{V}/\dot{Q}$ ratio images

Fig. 3-d. SPECT images

Fig. 3-a Case 3, Aortitis syndrome, There is no hyperlucent area throughout the lung field.

Fig. 3-b Case 3, Pulmonary angiogram shows an obstruction of the right upper branch of the pulmonary artery.

Fig. 3-c Case 3, $\dot{V}/\dot{Q}$ functional image shows markedly increased value in the right upper region.

Fig. 3-d Case 3, Ventilation-perfusion single photon emission CT images, transverse slice, shows increased $\dot{V}/\dot{Q}$ ratio in the right upper region.

有の症状はない。しかも基礎疾患として悪性腫瘍、心疾患や血栓症を伴っていることが多い。一般肺機能検査では%VC, %FEV_{1.0} が低下か正常値の下限を示すものが多いと報告されているが²⁾³⁾, 今

回の検討でも同様の結果であった。これらは肺塞栓に伴う気道収縮、胸痛による運動制限、呼吸困難、うっ血性心不全、胸水貯溜などの現象によると考えられるが、今回の症例は発症後7日以上

ものが多く、重篤な肺機能異常はみられなかった。一般肺機能検査だけから本症を診断することはできないのは勿論であるが、胸部X線像からも診断を決定し得ない。したがって、肺塞栓症の診断は必ずしも容易ではなく、肺血流シンチグラフィが有力な診断法として用いられて来た。肺塞栓の末梢領域では血流が杜絶もしくは低下して、肺泡では換気はあるが血流分布が障害される。すなわち、塞栓形成により有効換気領域は縮小化し、換気・血流比が増大し、肺胞性死腔が形成される。したがって、肺塞栓症の診断は肺胞性死腔領域を描出出来ればもっと特異的である。

Alderson 等⁴⁾は動物実験により肺換気・血流シンチグラフィと肺血管造影を比較した結果、本症の診断に際して肺換気・血流シンチグラフィは信頼性が高いと述べている。

本症では肺毛細血管床の閉塞により、血流への酸素の取り込みが低下あるいは停止し、血流から肺泡への炭酸ガスの拡散もなくなり、ガス交換は行われない。また肺血管収縮性の神経反射により肺胞性死腔は形態学的な肺血管塞栓領域以上に拡大する⁵⁾。本症の肺換気・血流シンチグラフィの臨床報告は多いが^{6)~12)}、今回筆者らは $\dot{V}/\dot{Q}$ 比ファンクショナルイメージにより肺胞性死腔領域の存在を可視的に決定し得た。血流低下は肺血管の病変ばかりでなく、気管支肺胞系の変化によっても起り得るので、 $\dot{V}/\dot{Q}$ 比ファンクショナルイメージは本症の有力な診断法になり得ると思われる。肺胞性死腔領域の存在は血液ガス分析によりある程度推測出来るが、局在と数や大きさは $\dot{V}/\dot{Q}$ 比のイメージでのみ把握できると考える。ただ $\dot{V}/\dot{Q}$ ratio functional image はあくまで相対的な換気・血流比分布であり、このイメージの中で $\dot{V}/\dot{Q}=1$ の部位を決定するのは困難である。したがって、 $\dot{V}/\dot{Q}$ ratio 異常を定量的に評価することはできない。血液ガス分析では塞栓が形成されると PaO_2 が著明に低下する。これは $\dot{V}/\dot{Q}$ 比の不均一や右→左シャントによると思われる。一方、 PaCO_2 の低下は血管閉塞による反射的な呼吸亢進すなわち過換気によるとされ、呼吸性アルカローシスとなる。 AaDO_2 の開大は本症では O_2 吸入によっても

PaO_2 が改善しないので肺内シャントの存在を意味している。また肺内には潜在的な肺内シャントである機能としていない毛細血管が存在するため、広汎な毛細血管床が閉塞しないと肺動脈圧は上昇しない。しかしながら、大塞栓子による広範肺塞栓症やびまん性肺微小血管塞栓症により肺動脈圧が上昇すれば心拍出量の速度が増し、肺泡の毛細血管と肺胞気の接触時間が減少し、十分にガス交換が行われなくなり臨床上重篤な病態を呈すると思われる。

リンパ造影の副作用として肺塞栓が知られており、油性造影剤注入後数時間で造影剤は肺毛細血管床に分布し、24時間以降は肺胞壁、間質、肺胞腔へ移行すると考えられ、末梢気道に閉塞が生じると推察される。今回の検討により ^{133}Xe 換気検査で5例ともに換気異常を指摘できなかったが、筆者は家兎による実験にて脂肪塞栓作成直後には ^{133}Xe ガスの洗い出しが遅延することを確認しており¹³⁾、臨床例では閉塞血管数が少なかったためと考えられる。なお、リビオドールを家兎に静注すると1週間後には間質性肺炎を来することが知られており、リンパ造影後にも造影剤の量によっては間質性浮腫によるA-Cブロックを来して拡散機能障害が起ることも十分に推察される。

また、今回の症例はいずれも発作後の時間経過により換気異常はみられなかったが、肺塞栓形成後早期には換気・血流不均衡に対する調節作用がある。すなわち、肺血流遮断領域の過換気やセロトニン、ヒスタミン等化学物質の放出、プロスタグランディンのような血管作動性物質の代謝が関与して気道収縮が起こり、気道抵抗の増大が罹患領域の空気の吸入を低下させ、血流との不均衡を軽減させる機序となりうると思われる。急性肺塞栓状態ですべて換気低下を観察できるとは限らないが、いくつかの症例が換気シンチグラフィにより報告されている¹⁴⁾¹⁵⁾。

$^{81\text{m}}\text{Kr}$ ガスは連続吸入により容易に十分なカウント数で安静レベルの換気測定が可能であり¹⁶⁾、検出器回転型シンチカメラによるSPECT画像を横断像、前額断像、矢状断像にて再構成することにより、換気異常の検出とその位置の決定

に有用であると考えられた。

血流イメージは ^{99m}Tc -MAAの静注時の体位や呼吸状態の肺血流を表わしており、 ^{133}Xe 注射液静注法のように肺胞のガス交換能に影響を受けることもない。 ^{99m}Tc と ^{81m}Kr はエネルギーピークが比較的近く、吸収補正を行なうことにより、SPECTにて断層面の $\dot{V}/\dot{Q}$ 比のファンクショナルイメージを得ることができた。このイメージは肺内深部の肺胞性死腔領域の検出に有用であると思われる。

V. 結 語

肺塞栓症あるいは肺動脈閉塞症における肺胞性死腔領域を肺換気・血流シンチグラフィにて検討し、下記の結果を得た。

1. 肺葉性、区域性、亜区域性に肺血流欠損を認めた20例はいずれも換気異常がみられなかった。

2. リンパ造影施行24時間後では血流イメージで不均等分布がみられたが、 ^{133}Xe 換気検査では異常はみられなかった。

3. 肺血流欠損の大きさや数と一般肺機能検査に関連性はみられなかった。

4. ^{81m}Kr ガス連続吸入法および ^{99m}Tc -MAAあるいはalbumin microsphereによる $\dot{V}/\dot{Q}$ 比のファンクショナルイメージは肺胞性死腔領域を可視的に決定できる利点があった。

5. SPECTによる断層面の $\dot{V}/\dot{Q}$ 比イメージを得ることができ、肺内深部の肺胞性死腔領域の検出に有用であると思われた。

6. 血液ガス分析では多くの症例で PaO_2 、 PaCO_2 の低下がみられ、 $\dot{V}/\dot{Q}$ 比の増大との関連性について若干の考察を試みた。

文 献

- 長谷川淳：肺塞栓に関する最近の概念。臨床科学，19：891—897，1983
- 小野寺壮吉：呼吸機能検査成績の読み方 肺塞栓，硬塞症，総合臨床，19：2620—2626，1970
- 長谷川淳：肺動脈血栓塞栓症。脈管学，23：289—292，1983
- Alderson, P.O., Doppman, J.L., Diamond, S.S., Mendenhall, K.G., Barron, E.L. and Girton, M.: Ventilation-perfusion lung imaging and selective pulmonary angiography in dogs with experimental pulmonary embolism. *J. Nucl. Med.*, 19: 164—171, 1978
- 吉良枝郎，鈴木俊光：肺塞栓症，血栓症—基礎と臨床—，pp. 323—332，1982，株式会社日本メディカルセンター，東京。
- Williams, O., Lyall, J., Vernon, M. and Croft, D. N.: Ventilation-perfusion lung scanning for pulmonary emboli. *Brit. Med. J.*, 1: 600—602, 1974
- McNeil, B.J.: A diagnostic strategy using ventilation-perfusion studies in patients suspected for pulmonary embolism. *J. Nucl. Med.*, 17: 613—616, 1976
- Borgen, H.G., Berman, D.S., Vismara, L.A. and Mason, D.T.: Lung ventilation-perfusion scintigraphy in pulmonary embolism. *Acta Radiologica Diagnosis*, 19: 933—943, 1978
- Lavender, J.P.: Krypton 81m ventilation studies in pulmonary embolic disease. Clinical and experimental application of Krypton 81m. pp. 83—89, 1978, Whitefriars press, London and Tonbridge
- Coakley, A.J., Bateman, N.T., Gaunt, J.G. and Croft, D.N.: A comparison between Xenon 133 and Krypton 81m in the scintigraphic assessment of pulmonary embolism. Clinical and experimental application of Krypton 81m. pp. 92—95, 1978. Whitefriars press. London and Tonbridge
- Alderson, P.O., Biello, D.R., Khan, A.D., Barth, K.H., McKnight, R.C. and Siegel, B.A.: Comparison of ^{133}Xe single breath and washout imaging in the scintigraphic diagnosis of pulmonary embolism. *Radiology*, 137: 481—486, 1980
- Carter, W.D., Brady, T.M., Keys, J.W., Thrall, J.H., Greenhouse, J.B., Biello, D.D., Siegel, B.A., Alderson, P.O. and Brady, T.J.: Relative accuracy of two diagnostic schemes for detection of pulmonary embolism by ventilation-perfusion scintigraphy. *Radiology*, 145: 447—451, 1982
- 植林 勇：肺塞栓症の換気・血流状態に関する実験的研究。日本医放会誌，43：485—495，1983
- Epstein, J., Taylor, A., Alazarki, N. and Coal, M.: Acute pulmonary embolus associated with transient ventilatory defect. Case report. *J. Nucl. Med.*, 16: 1017—1023, 1975
- 井沢豊春：呼吸器核医学の展望。臨牀放射線，26：773—780，1981
- 植林 勇，伊藤安彦，大塚信昭，村中 明，横林常夫，寺島秀彰： ^{81m}Kr ガスによる肺機能検査の診断的意義— ^{99m}Tc -MAAによる肺血流検査とmismatchを示した症例を中心に—。核医学，16：309—319，1979