

폐기종의 연무흡입 폐환기스캔 소견*

가톨릭대학 의학부 방사선과학교실

전정수 · 박영하 · 정수교 · 박용휘

= Abstract =

Radioaerosol Inhalation Lung Scan in Pulmonary Emphysema

Jeong Su Jeon, M.D., Young Ha Park, M.D., Soo Kyo Chung, M.D. and Yong Whee Bahk, M.D.

Department of Radiology, Catholic University Medical College, Seoul, Korea

Perfusion and ventilation imagings of the lung are well established procedure for diagnosing pulmonary embolism, differentiation it from chronic obstructive lung disease, and making an early detection of chronic obstructive lung disease.

To evaluate the usefulness of radioaerosol inhalation imaging (RII) in chronic obstructive lung disease, especially pulmonary emphysema, we analyzed RIIs of five normal adult non-smokers, five asymptomatic smokers (age 25-42 years with the mean 36), and 21 patients with pulmonary emphysema (age 59-78 years with the mean 67). Scintigrams were obtained with radioaerosol produced by a BARC nebulizer with 15 mCi of Tc-99m-phytate. Scanning was performed in the anterior, posterior, and lateral projections after five to 10-minute inhalation of the radioaerosol on sitting position. The scans were analyzed and correlated with the results of pulmonary function studies and chest radiographs. Also lung perfusion scan with ^{99m}Tc-MAA was performed in 12 patients. In five patients, we performed follow-up scans for the evaluation of the effects of a bronchodilator. Based on the X-ray findings and clinical symptoms, pulmonary emphysema was classified into four types: centrilobular (3 patients), panlobular (4 patients), intermediate (10 patients), and combined (4 patients). RII findings were patternized according to the type, extent, and intensity of the aerosol deposition in the central bronchial and bronchopulmonary system and lung parenchyma.

10 controls, normal five non-smokers and three asymptomatic smokers revealed homogeneous parenchymal deposition in the entire lung fields without central bronchial deposition. The remaining two of asymptomatic smokers revealed mild central airway deposition. The great majority of the patients showed either central (9/21) or combined type (10/21) of bronchopulmonary deposition and the remaining two patients peripheral bronchopulmonary deposition. Parenchymal aerosol deposition in pulmonary emphysema was diffuse (6/21), discrete (6/21), intermediate (3/21), or combined (6/21). In 12 patients studied also with perfusion scans, perfusion defects matched closely with ventilation defects in location and configuration. But the size of the ventilation defects was generally larger than the perfusion defects.

In all four patients treated with bronchodilators, the follow-up study demonstrated decrease in abnormal of radioaerosol deposition in the central airway with improvement of ventilation defects.

RII was useful technique for the evaluation of regional ventilatory abnormality and the effects of treatment with bronchodilators in pulmonary emphysema.

*본 논문은 1990년도 가톨릭 중앙의료원 학술연구조성비로 이루어 졌음.

서 론

최근 수년간 폐 기능 연구에 연무(aerosol)폐환기스캔에 관심이 높아지고 있다. 그 가장 큰 이유로는 폐 말단부까지 깊숙히 통과되는 적은 크기의 연무를 이용할 수 있는 방법이 개선되었기 때문이다¹⁻³⁾. 최근 연구에 의하면 이러한 폐환기스캔이 다른 방사선 가스를 이용하는 것과 질에 있어 별 차이가 없으며 오히려 간편하고 경제적이다⁴⁾. 폐환기스캔은 폐전색증 진단에 폐관류스캔과 함께 필수적이며 만성폐색성 폐질환의 조기발견에 유용한 방법으로 알려져 있다⁵⁻⁸⁾. 특히 폐기능검사는 그 수치의 개체내 또는 개체간의 다양성으로 인하여 병리와 의 연관에 어려움이 많고 국소적 환기장애를 알 수가 없다. 저자들은 만성폐색성 폐질환에서 연무 폐환기스캔의 유용성을 알기 위해 정상 및 폐기중환자에서 연무의 침착양상을 분석하여 보았다.

대상 및 방법

1. 대 상

1988년 5월부터 1989년 8월까지 가톨릭대학 의학부 부속 강남성모병원에서 5명의 비흡연 정상인과 5명의 무증상 흡연자 그리고 21명의 폐기중 환자를 대상으로 하였다. 각 환자들은 임상적으로 호흡곤란, 기침 및 가래 등의 증상을 가지고 내원하였으며 병력, 이학적 소견, 단순 흉부사진 및 폐기능 검사등에 근거하여 폐기중으로 진단된 경우로서 단순 흉부사진상 중앙이나 무기폐, 폐렴 혹은 폐부종등의 폐침윤소견 없이 단지 폐기중 소견만을 보인 예를 선택하였다. 환자의 평균 나이는 67(59~78)세 이었고 정상인에서는 36(25~42)세였다. 이중 12명의 환자에서는 연무흡입 폐환기스캔 실시 2일

전후에 폐관류스캔을 시행하였으며, 4명에서는 기관지 확장제 치료 후 약 2~3주 후의 연무흡입 폐환기스캔을 추적 검사로 시행하였다.

2. 방 법

연무흡입 폐환기스캔은 ^{99m}Tc-phytate (15~20 mCi/1 ml saline)를 BARC nebulizer를 이용하여 입자의 크기가 평균 0.8 μm인 연무를 만들어 앉은 자세에서 정상 호흡으로 5분에서 10분정도 흡입시킨 후, 구강 내를 세척하고 즉시 전면상, 후면상 및 양측면상을 각각 30만 계수로 스캔하였다. 폐관류스캔은 ^{99m}Tc-MAA를 이용하여 통상적인 방법으로 시행하였다.

3. 분석 방법

단순흉부사진상 폐기중의 진단은 폐의 방사선 투과성 증가, 흉곽의 전후경의 증가, 가로막의 평면화, 소기포 또는 기포의 존재, 중심 폐혈관의 확장 및 표지혈관(marker vessel)의 존재등의 소견을 종합하여 내렸다. 각 폐기중 환자들은 X-선 소견과 임상증상등을 참조하여 네형 즉, 중심소엽성(centrilobular), 범소엽성(panlobular), 중간형(intermediate) 및 복합형(combined)으로 분류하였다. 각 형에서 스캔상 연무침착의 기관지-폐 분포(bronchopulmonary deposition)와 폐 실질에 흡착되는 양상(parenchymal deposition)을 분석하였다. 기관지-폐 분포는 비정상적 과도침착이 분포하는 부위별로 a) 중심형(central)과 b)말단형(peripheral)으로 나누고 두 부위를 동시에 침습하는 경우를 c)복합형(combined)으로 하였다. 폐 실질에 흡착되는 양상으로는 a)미만형(diffuse), 비정상적인 흡착이 서로 떨어져 보이는 b)분리형(discrete), 미만형과 분리형의 c)중간형(intermediate), 미만형과 분리형이 각각 공존하는 d)복합형(combined)으로 나누었다(Table 1). 그 정도

Table 1. Classification and Findings in RILs in Pulmonary Emphysema

Pattern Types	Broncho-pulmonary depositon (n=21)			Parenchymal deposition (n=21)			
	cen	per	com	dif	dis	int	com
centrilobular	1	0	2	1	2	0	0
panlobular	1	1	2	2	1	1	0
intermediate	5	1	4	3	3	2	2
combined	2	0	2	0	0	0	4
Total	9	2	10	6	6	3	6

* cen ; central, per ; peripheral, com ; combined, dif ; diffuse, dis ; discrete, int ; intermediate

를 경도(전체 폐의 25% 미만), 중등도(전체 폐의 25~50%) 및 중증(전체 폐의 50% 이상)으로 나누어 분석하였다. 폐관류스캔은 관류결손 부위를 환기결손 부위와 위치, 모양 및 크기를 비교하였다. 기관지 확장제 등의 치료 후 추적 폐환기 및 관류스캔을 시행하여 치료

전과 비교하였다.

성 적

5명의 정상인과 3명의 무증상 흡연자에서는 양측 폐에 균등한 연무침착이 보였다(Fig. 1). 2명의 무증상 흡연자에서는 양측 폐에 균등한 연무침착과 함께 경미한 중심성 침착이 나타났다. 폐기종의 각형으로는 중심소엽

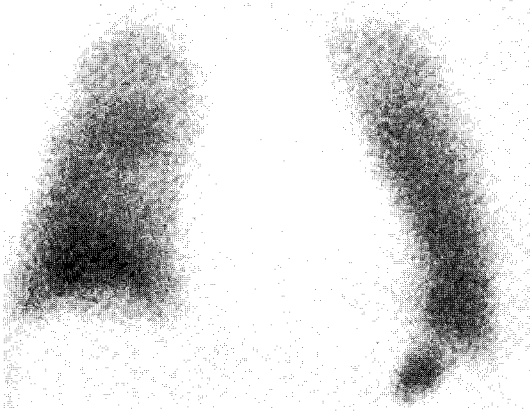


Fig. 1. Radioaerosol inhalation lung scan of normal subject showing homogeneous parenchymal deposition in both lungs with no central airway deposition.

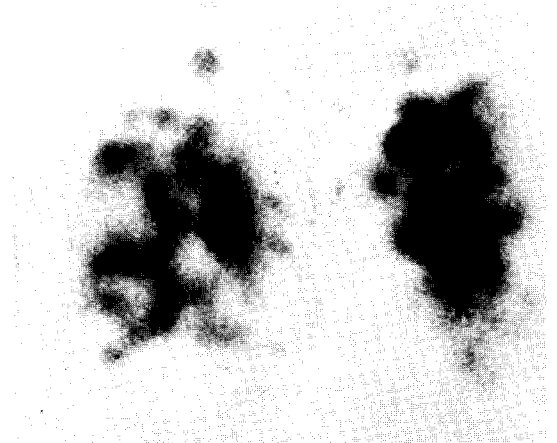


Fig. 2-b Radioaerosol inhalation lung scan (anterior view) showing marked central airway deposition and multiple discrete patchy depositions of aerosol in both lungs.

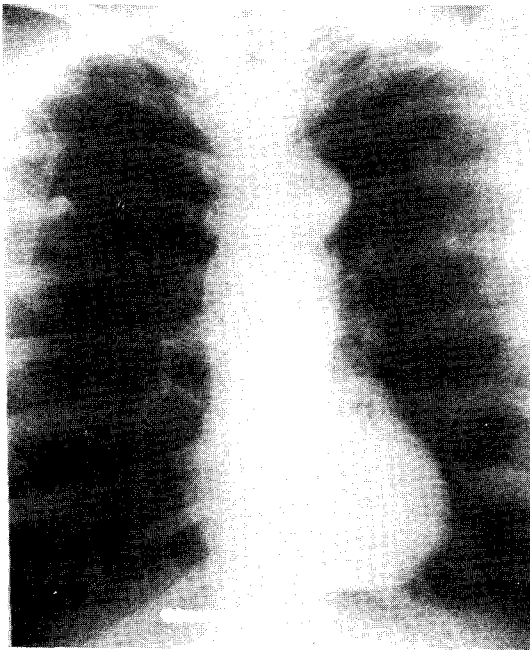


Fig. 2-a PA CHEST of centrilobular emphysema showing hyperlucencies in both lungs.

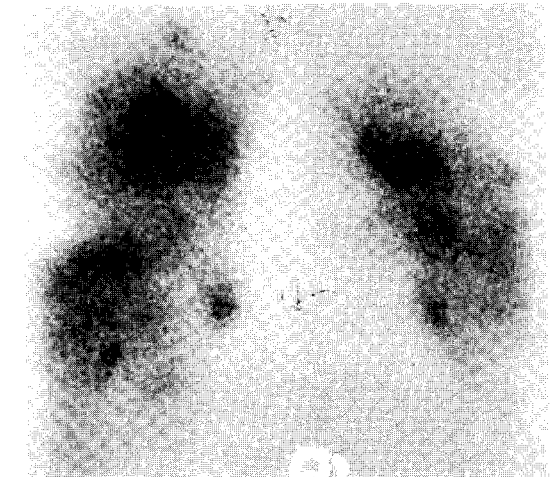


Fig. 2-c Perfusion lung scan showing nonsegmental perfusion defects in both upper lung fields and several small defects along periphery of both lungs.

성(Fig. 2) 3예, 범소엽성(Fig. 3) 4예, 중간형(Fig. 4) 10예, 및 복합형(Fig. 5) 4예였다. 폐기종 환자에서는

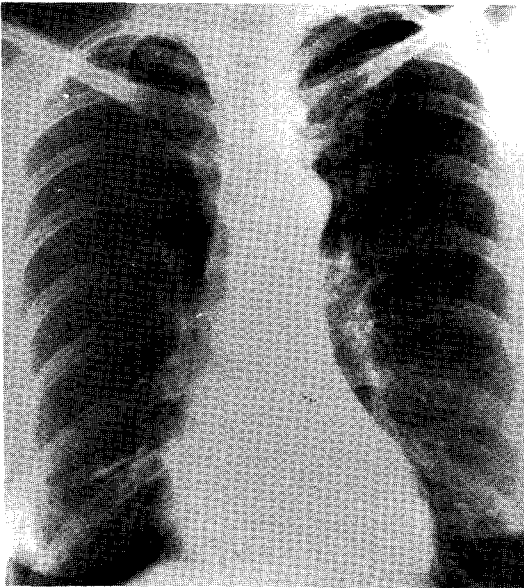


Fig. 3-a PA CHEST of panlobular emphysema showing overinflated both lungs with oligemia and flattening of diaphragm.

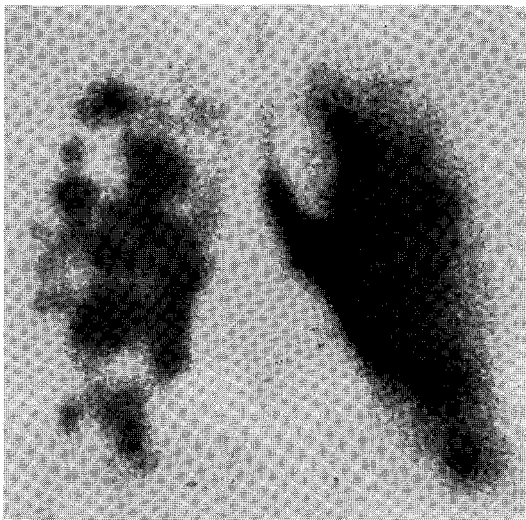


Fig. 3-b Radioaerosol inhalation lung scan showing discrete and diffuse patchy excessive parenchymal deposition of aerosol scattered in the right lung, and relatively homogeneous deposition of radioaerosol in the left lung. Marked central airway deposition was also noted.

연무흡입 폐환기스캔상 주된 소견이 불균일한 연무분포와 주기관지 및 증소기관지에의 과다침착이 있었으며 폐 주변부위로의 투과에 장애가 나타났다. 이러한 소견을 각 양상별로 분석한 결과 기관지-폐흡착의 비정상적 소견이 주로 중심부에 있는 중심형이 9예, 폐 말단부에 있는 말단형이 2예, 중심부와 폐 말단부에 같이 있는 복합형이 10예에서 보였다. 그리고 폐실질흡착 양상에서는 미만형이 6예, 분리형이 6예, 중간형이 3예, 미만형과 분리형이 동시에 보이는 복합형이 6예였다(Table 1). 병변의 단순흉부 사진과의 비교에서는 폐환기스캔에서 훨씬 심한 환기 장애소견을 보였다. 12명의 폐관류스캔에서는 대체로 환기 결손 부위와 일치하는 부위에 관류 결손이 나타났으며 그 크기는 환기결손부위 보다 적었거나 비슷한 크기로 나타났다. 기관지 확장제 치료 후 2~3주 후에 추적검사를 한 4예의 환기스캔에서는 중심 기관지에 흡착되는 정도가 감소하였고 폐 말단부에 연무 투과가 증가하였으며 관류스캔에서도 폐 말단부의 관류의 호전을 관찰할 수 있었다(Fig. 5).

고 찰

폐기종이란 폐포벽의 파괴와 함께 말단세기관지 이하의 공기공간이 영구적으로 비정상적으로 확장되는 질환이다. 이 질환의 진단은 엄밀하게는 병리적으로만 내려져야 하지만 임상적 소견, 폐기능 검사 및 방사선검사로 그 유무와 정도를 결정할 수 있다. 단순흉부사진상 진단은 폐의 과팽창, 흉곽의 전후경 증가, 가로막의 평편화, 소기포 또는 기포의 존재, 중심폐혈관의 확장과 갑작스런 가늘어짐 등의 소견으로 내려지나 이러한 소견은 중등도 또는 중증의 폐기종에서만 볼 수 있다. 따라서 조기진단을 위해서는 폐기능 검사와 폐환기스캔이 유용한 것으로 알려져 있다. 폐기능 검사는 전체적인 폐기능을 볼 수 있으나 국소적인 상태를 알 수 없다. 폐환기스캔은 국소적인 환기 상태를 알 수 있는 장점이 있다.

폐환기 연구에 방사성 가스로 ^{133}Xe , ^{127}Xe , $^{81\text{m}}\text{Kr}$ 등이 이용되어 왔다. Xe을 이용하는 검사에서 single-breath 방법은 환자가 호흡을 잘 참아야하는 어려움이 있다. 이러한 어려움은 단지 일상호흡(tidal breathing)만 하면되는 washin-washout 방법을 하면 해결될 수 있으나 대개 환쪽상만 얻을 수 있고 관류스캔과 비교가 어렵다⁹⁾. 또한 ^{133}Xe 을 이용할 때 베타선 방출로 인한

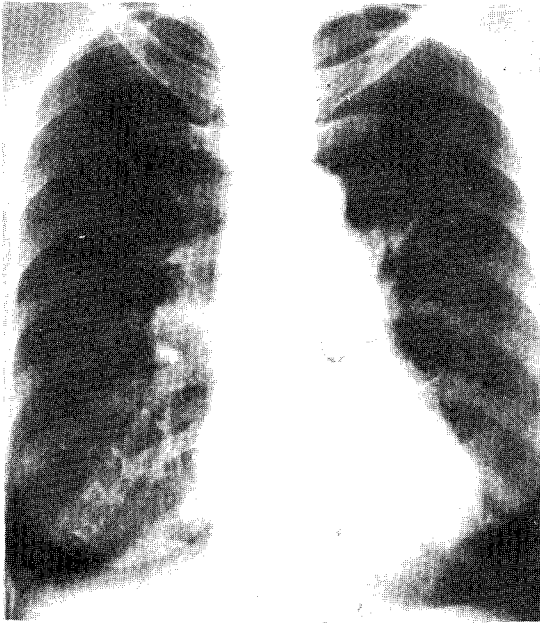
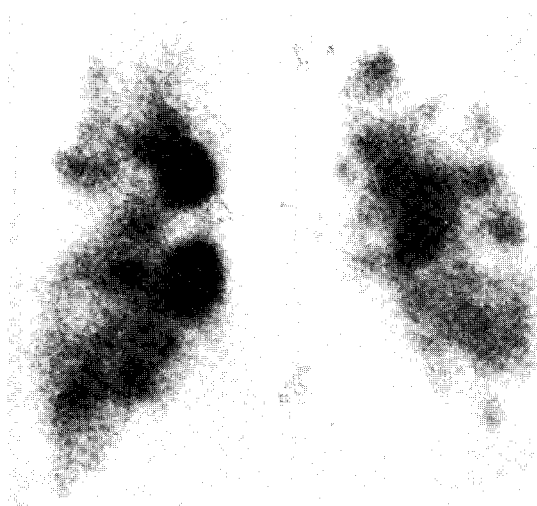


Fig. 4-a PA CHEST of intermediate type showing overinflation of both lungs and prominent pulmonary cornus and main pulmonary arteries.



4-c Perfusion scan showing also multiple peripheral perfusion defects corresponding to those of ventilation.



4-b Radioaerosol inhalation lung scan showing marked central airway depositions and intermediate type of parenchymal deposition in both lungs with multiple peripheral defects of radioaerosol.

피폭을 줄이기 위해 사용되는 방사능을 줄여야 하며 80-KeV의 낮은 감마 에너지가 흡수손실을 초래하여 화

질이 떨어진다. 203-KeV의 감마에너지를 지니는 ^{127}Xe 은 베타선 방출이 없고 화질이 적절하나 쉽게 구하기 어렵다. $^{81\text{m}}\text{Kr}$ 역시 적절한 감마에너지로 방사능을 줄일 수 있으나 그 모핵종 ($^{81}\text{Rubidium}$)이 cyclotron에 의해서 생산되고 반감기(4.7h)가 짧기 때문에 일반적 이용이 어렵다. 이에 비해 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -aerosol을 이용한 폐 환기 스캔은 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 이 쉽게 구할수 있고 140KeV의 적절한 감마에너지와 반감기(6h)로 여러종류의 상을 얻을 수 있는 장점이 있다. 그러나 폐연무스캔의 이용에서 어려운 점은 적절한 크기의 연무를 만들 수 있는 간편하고 경제적인 방법이다. 흡입양상이 실제로 폐환기를 반영하기 위한 조건으로 공기역학적 연무입자의 크기는 충분히 적어야 한다. 몇몇 저자들에게 의하면 $2\mu\text{m}$ 이하의 연무는 $^{81\text{m}}\text{Kr}$ 의 분포와 대등한 연무의 폐 투과를 보이나 만성 폐색성 폐질환 환자에서는 $^{81\text{m}}\text{Kr}$ 을 이용한 스캔에서 보다 국소적인 결손이 더 잘 보인다고 하였다²¹⁰⁾. 연무의 크기가 $2\mu\text{m}$ 이상일 때 주로 충돌에 의해 인후, 기도 및 중심기관지에 침착이 일어나 판독에 어려움을 줄 수 있다. 그러나 최근 $2\mu\text{m}$ 이상의 연무를 줄일 수 있는 방법들이 개선되었으며¹¹¹⁾ 본 연구에서 사용된 BARC nebulizer (Bhabha Atomic Reserch Center 개발)는 그 중에 하나로, 생산되는 연무의 크기는 평균 $0.8\mu\text{m}$ 이며(표준 편차 $2.0\mu\text{m}$) 약 15~22%의 연무가 폐에 침착되는 것으로 알려져 있다¹²⁾.

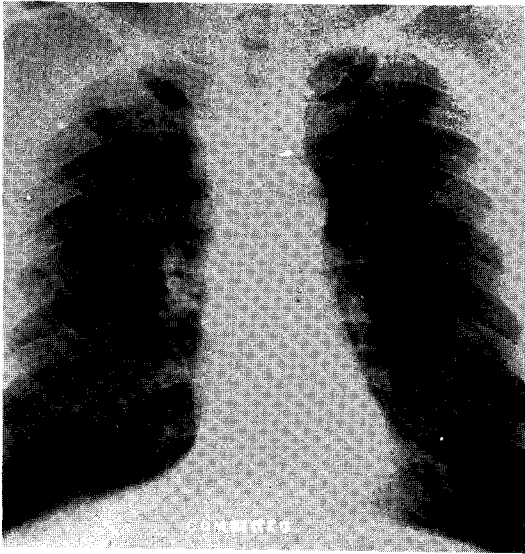
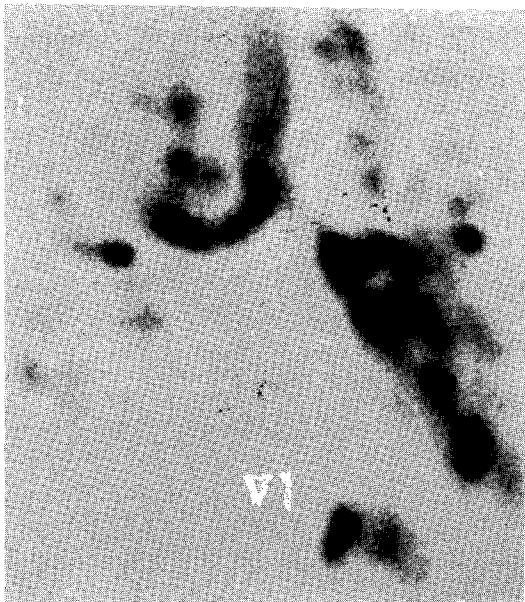


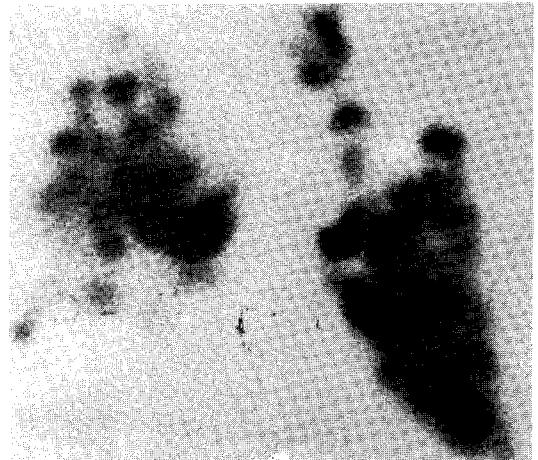
Fig. 5-a PA CHEST of combined type showing mild overinflation, only.



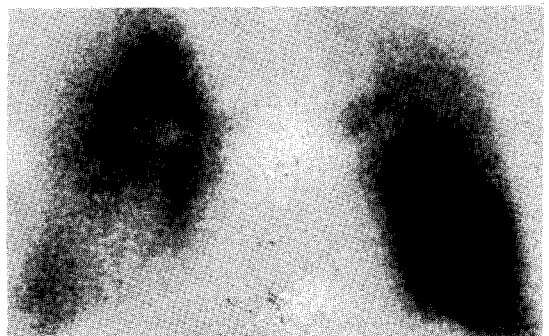
5-b Initial radioaerosol inhalation lung scan revealing excessive central airway deposition and discrete parenchymal aerosol deposition and generalized poor penetration of aerosol in both lungs.



5-c) Perfusion scan showing large areas of perfusion defects in the right lower lung field and left upper lung fields.



5-d) Follow-up radioaerosol inhalation lung scan showing much more penetration of aerosol in the peripheral portion of both lungs.



5-e) Follow-up perfusion scan showing improved perfusion in the right lower lung fields and left upper lung fields.

흡입된 연무의 침착에 관여되는 기전은 복잡하다. 그러나 크게 세가지의 요인에 의해 좌우되며 이는 호흡기도의 해부학적 구조, 연무의 물리적 특성 및 공기의 흐름이다¹³⁾. Landahl등¹⁴⁾에 의하면 수 μm 에서 100 μm 의 큰 입자는 주로 상기도에서 충돌에 의해 일어난다고 하였고 2 μm 이상의 적은 입자는 주로 폐말단부에서 침착에 의하는 것으로 여겨지고 있다¹⁵⁾.

정상인에서는 Fig. 1과 같이 폐환기 및 관류스캔상 균일한 분포의 혈류와 환기를 보여야 한다. Hogg등¹⁶⁾에 의하면 폐기종환자를 포함 만성 폐색성 폐질환 환자에서 주로 말단기도의 저항이 증가하며 그 이유로 점액, 소기관지 협착 또는 폐색 등에 의한다고 하였다.

Bentivoglio등¹⁷⁾은 폐기종 환자에서 Xe를 이용한 폐관류 및 환기의 연구에서 기능장애가 국소적으로 오며 환기 및 관류의 감소가 비슷한 정도로 온다고 하였다. 이러한 국소적 혈류감소의 이유로는 폐기종에 수반하는 폐혈관의 구조적 변화 즉 괴사성 동맥염, 폐포내압 상승으로 인한 압박, 섬유조직 증식으로 인한 혈관저항 증가 등이 알려져 있고 그밖에 기능적 압박, 섬유조직 증식으로 인한 혈관저항 증가 등이 알려져 있고 그밖에 기능적 변화로 저산소증, 고탄산혈증 및 산혈증등이 폐혈관의 수축을 일으킬 수 있다. 본 연구에서의 관류스캔역시 환기 및 관류결손이 상응하는 부위에 환기결손보다 적거나 비슷한 크기로 관류결손이 보였다.

최근 방사성 연무를 이용 만성폐색성 폐질환 환자, 흡연자 및 정상인에서 국소적인 점액섬모의 연무 제거능에 대한 연구가 활발히 진행되고 있고 그결과 폐색성 폐질환에서 그 기능이 떨어져 있으며 조기발견에 유용할 것으로 예측된다^{18,19)}. 최근 연무 분포의 균일성에 대해 컴퓨터를 이용하여 분석하는 방법^{20,21)} 및 환기스캔과 관류스캔의 비교를 정량적분석등²²⁾이 객관적인 정량적 분석의 가능성을 시사하고 있다. 대조능이 우수하고 입체적 정보를 보다더 잘 알게하는 SPECT의 이용이 또한 기대된다.

결 론

저자들은 만성 폐색성폐질환 중에서 폐기종의 연무흡입 폐환기스캔의 유용성을 알기 위해 5명의 무증상 흡연자와 5명의 비흡연 정상인(나이 25~42, 평균 36세)과 21명의 폐기종 환자에서(나이 59~78, 평균 67세)연무

의 침착양상을 분석하였다. X-선 소견과 임상증상등을 참조하여 폐기종을 네형으로 나누었으며 각각 중심소엽성 3예, 범소엽성 4예, 중간형 10예 및 복합형 4예였다. 폐환기스캔은 기관지-폐 흡착소견과 폐실질의 흡착양상에 따라 그리고 그 정도를 분석하였다. 5명의 비흡연자 및 3명의 무증상 흡연자 에서는 중심기관지의 침착소견이 없이 균등한 연무침착을 보였다. 2명의무증상 흡연자 에서는 균등한 연무침착과 함께 경미한 중심기관지 침착을 보였다. 폐기종 환자에서는 단순 흡부사진보다 훨씬 심한환기 장애소견이 나타났다. 주된 소견은 불균일한 연무분포와 중심성기관지에 과다 침착이 있었으며 폐 주변부위로 투과결손이 있었다. 기관지-폐흡착 소견으로는 중심형이 9예, 말단형이 2예, 복합형이 10예였다. 폐실질흡착 양상은 미만성 6예, 분리형 6예, 중간형 3예 및 복합형이 6예 였다. 폐관류스캔에서는 대체로 환기결손 부위와 일치하는 부위에 관류결손이 나타났으며 그 크기는 환기 결손부위보다 적었거나 비슷한 크기로 나타났다. 기관지 확장제 치료 후 추적 검사에서는 증상호전과 함께 국소적인 호전을 관찰할 수 있었다. 결론적으로 폐환기 스캔은 폐기종의 국소적 환기 이상을 단순혈영보다 잘 보여주며 폐기종의 조기진단 및 추적검사에 유용할 것으로 사료된다.

REFERENCES

- 1) Hayes M, Taplin GV, Chopra SK, et al: *Improved radioaerosol administration system for routine inhalation lung imaging. Radiology* 131:256-258, 1979
- 2) Fazio F, Wollmer P, Lavender P: *Clinical ventilation imaging with In-113m aerosol:A comparison with Kr-81m. J Nucl Med* 23:306-314, 1982
- 3) Ishfaq MM, Ghosh SK, Mostafa AB, et al: *A simple radioaerosol generator and delivery system for pulmonary ventilation studies. Eur J Nucl Med* 9:141-143, 1984
- 4) Alderson PO, Biello DR, Gottschalk A, Hoffer PB, et al: *Tc-99m-DTPA Aerosol and radioactive gases compared as adjuncts to perfusion scintigraphy in patients with suspected pulmonary embolism. Radiology* 153:515-521, 1984
- 5) Medina JR, Lillehei JP, Loken MK, Ebert RV: *Use of the scintillation Anger camera and Xenon 133 in the study of chronic obstructive lung disease. JAMA* 208:985-991, 1969

- 6) Dittrich FA, Goodwin DA: *Early recognition of chronic airway disease by the 133 Xe lung scan.* JAMA 22:1120-1122, 1972
- 7) Alderson PO, Secker-Walker RH, Forrest JV: *Detection of obstructive pulmonary disease: Relative sensitivity of ventilation-perfusion studies and chest radiography.* Radiology 111:643-648, 1974
- 8) Garg A, Gopinath PH, Pande JN, et al: *Role of radio-aerosol and perfusion lung imaging in early detection of chronic obstructive lung disease.* Eur J Nucl Med 8:167-171, 1983
- 9) Fazio F, Lavender JPL, Steiner RE: *^{81m}Kr ventilation and ^{99m}Tc perfusion scans in chest disease: comparison with standard radiographs.* AJR 130:421-428, 1978
- 10) Hannan WJ, Emmett PC, Aitaken RJ, et al: *Effective penetration of the lung periphery using radioactive aerosols: concise communication.* J Nucl Med 23:872-877, 1982
- 11) Taplin GV, Elam D, Griswold ML, et al: *Aerosol inhalation in lung imaging.* Radiology 112:431-433, 1974
- 12) Kotrappa P, Raghunath B, Subramanyan PSS, et al: *Scintiphotography of lungs with dry aerosol: Generation and delivery system.* J Nucl Med 18:1082-1085(Concise communication), 1977(India)
- 13) Stuart BO: *Deposition of inhaled aerosols.* Arch Intern Med 131:60-73, 1973
- 14) Landahl HD, Tracewell TN, Lassen WH: *On the retention of airborne particulates in the human lung.* Arch Ind Hyg Occup Med 3:356-366, 1951
- 15) Mitchell RI: *Retention of aerosol particles in the respiratory tract.* Am Rev Respir Dis 82:627-639, 1960
- 16) Hogg JC, Macklem PT, Thurlbeck WM, et al: *Site and nature of airway obstruction in chronic obstructive lung disease.* JAMA 278:1355-1360, 1968
- 17) Bentivoglio LG: *Study of regional ventilation and perfusion using radioactive Xenon in emphysema.* Disease of the Chest 48:502-509, 1965
- 18) Weiss T, Dorow P, Felix R: *Continuous aerosol inhalation scintigraphy in the evaluation of early and advanced airways obstruction.* Eur J Nucl Med 9:62-67, 1984
- 19) Isawa T, Teshima T, Hirano T, et al: *Lung clearance mechanisms in obstructive airways disease.* J Nucl Med 25:447-454, 1984
- 20) Laube BL, Links JM, Wagner HN, et al: *Simplified assessment of fine aerosol distribution in human airways.* J Nucl Med 29:1057-1065, 1988
- 21) Laube BL, Links JM, LaFrance ND, et al: *Homogeneity of bronchopulmonary distribution of ^{99m}Tc aerosol in normal subjects and in cystic fibrosis patients.* CHEST 95:822-830, 1989
- 22) Brom WE, Clercx C, Toor AJ, et al: *Quantitative analysis of radioaerosol inhalation and perfusion scintigraphy in dogs.* Lung 167:201-212, 1989