

기관지 천식의 연무흡입 폐환기스캔 소견*

가톨릭대학 의학부 방사선과학교실

김범수 · 박영하 · 박정미 · 정명희
정수교 · 신경섭 · 박용휘

= Abstract =

Radioaerosol Inhalation Imaging in Bronchial Asthma**

Bum Soo Kim, M.D., Young Ha Park, M.D., Jeong Mi Park, M.D., Myung Hee Chung, M.D.
Soo Kyo Chung, M.D., Kyung Sub Shinn, M.D. and Yong Whee Bahk, M.D.

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

Radioaerosol inhalation imaging (RII) has been used in radionuclide pulmonary studies for the past 20 years. The method is well accepted for assessing regional ventilation because of its usefulness, easy fabrication and simple application system. To evaluate its clinical utility in the study of impaired regional ventilation in bronchial asthma, we obtained and analysed RIIs in 31 patients (16 women and 15 men; age ranging 21-76 years) with typical bronchial asthma at the Department of Radiology, Kangnam St. Mary's Hospital, Catholic University Medical college, from January, 1988 to August, 1989.

Scintiscans were obtained with radioaerosol produced by a BARC(Bhabha Atomic Reserch Center, India) nebulizer with 15 mCi of ^{99m}Tc -phytate. The scanning was performed in anterior, posterior and lateral projections following 5-minute inhalation of radioaerosol on sitting position. The scans were anlyed and correlated with the results of pulmonary function study and the findings of chest radiography. Fifteen patients had concomitant lung perfusion image with ^{99m}Tc -MAA. Follow-up scans were obtained in 5 patients after bronchodilator therapy. The patients were divided into (1) attack type (4 patients), (2) resistant type (5 patients), (3) remittent type (10 patients) and (4) bronchitic type (12 patients).

Chest radiography showed hyperinflation, altered pulmonary vascularity, thickening of the bronchial wall and accentuation of basal interstitial markings in 26 of the 31 patients. Chest radiographs were normal in the remaining 5 patients. Regardless of type, the findings of RII were basically the same, and characterized by the deposition of radioaerosol in the central parts or in the main respiratory air ways along with mottled nonsegmental ventilation defects in the periphery. Peripheral parenchymal defects were more extensive than that of expected findings from clinical symptoms, pulmonary function test and chest radiograph. Broomstick sign was present in 17 patients. The abnormality of RII was poorly correlated with perfusion scans. In all 5 patients treated with bronchodilators, follow-up study demonstrated a decrease in the degree of radioaerosol deposition in the central air way with improved ventilation defects.

*본 논문은 1991년도 가톨릭 중앙의료원 및 국제원자력기구(IAEA) 학술연구 조성비로 이루어 졌음.

**This work was supported in part by research coordination program of International Atomic Energy Agency (324-EI, 369.3, 1987-1990).

This study indicates that RII is a useful technique for the evaluation of regional ventilation abnormality and the effect of treatment with bronchodilators in patients with bronchial asthma.

서 론

연무흡입은 오래전부터 폐환기스캔에 이용되어왔으나, 중심기관지의 과다한 침착과 폐 실질내의 불규칙한 분포 때문에 그 사용이 제한되어 왔다. 그러나 최근에 폐 말단부까지 통과되는 작은 크기의 연무를 간편하고 값싸게 생산 할수 있게 되었고 또한 기술적으로 개선되어 제논(Xe) 또는 크립톤(Kr) 등 방사성 가스를 이용하는 것과 별 차이가 없이 폐환기 스캔이 가능하게되어 그 임상적 응용이 점차 증가하고 있다¹⁻³⁾.

기관지 천식 환자에서는 급성 천식 발작시 기관지 수축 및 점액에 의한 말초 기도 폐색이 초래되어 폐환기 분포에 장애가 일어나는데, 이러한 변화는 다른 폐 기능 장애에 선행되어 나타날 수 있으며⁴⁾, 그 정도는 관류장애에 비해 더 두드러지는 것이 특징이다. 또한 임상증상이 없어지고 폐 기능검사가 정상화 된 후에도 환기-관류 불균형이 지속될 수도 있다⁵⁾. 그러므로 폐환기 분포의 장애를 파악하는 것은 기관지 천식의 진단과 치료 및 예후 판정에 도움이 될 것이다.

저자들은 기관지 천식 환자에서, BARC 연무 발생장치를 사용한 연무흡입 폐환기스캔 소견을 분석하여, 폐환기 및 관류 이상의 여부를 평가하는데 있어 그 유용성과 기관지 확장제 투여 후 추적검사로서의 진단적 가치를 평가하고자 전향적으로 본 연구를 시행하였다.

대상 및 방법

1. 대 상

1988년 1월 부터 1989년 8월까지 가톨릭대학 의학부 부속 강남성모병원에 내원하여 임상증상 및 병력, IgE 및 호산구수, 폐기능 검사 소견 및 흉부 X선 검사로 기관지 천식의 진단이 내려진 환자 31명(남자 : 15명, 여자 : 16명, 21~76세)을 대상으로 연무흡입 폐환기스캔을 실시하였는데 이들은 소견에 따라 발작형(Attack type, n=4), 지속형(Resistant type, n=5), 관해형(Remittent type, n=10) 및 기관지염형(Bronchitic type, n=12) 네 군으로 분류하였다. 이중 15명의 환자에

서는 연무흡입 폐환기스캔 실시 2일 전에 폐관류스캔을 시행하였으며, 5명에서는 기관지확장제 치료 2~3주 후 경과추적 연무흡입 폐환기스캔을 시행하였다.

2. 방 법

연무흡입 폐환기스캔은 ^{99m}Tc-phytate(15~20 mCi/1ml saline)를 BARC(Bhabha Atomic Research Center, India)연무발생장치를 이용하여 입자의 크기가 평균 0.8 μm인 연무를 만들어, 앉은 자세에서 평상호흡으로 5분간 흡입 시킨 후, 구강내를 세척하고 즉시 전면상, 후면상 및 양측면상을 각각 30만 카운트로 스캔하였다. 폐관류스캔은 ^{99m}Tc-MAA를 이용하여 통상적인 방법으로 시행하였다.

3. 분석 방법

단순흉부X선사진상 폐의 이상 팽창 및 폐혈관 세장화 및 분포이상의 여부 및 정도를 관찰하였고, 스캔상 연무 침착의 기관지-폐 집적(bronchopulmonary deposition) 양상을 분석하였다. 기관지-폐 집적상은 핵제제의 과도침착 또는 환기 결손에 따라 중앙형(central), 말단형(peripheral) 및 혼합형(combined) 3군으로 나누어, 그 정도를 경도(전체 폐의 25% 미만, 1점), 중등도(전체 폐의 25~50%, 2점) 및 중증(전체 폐의 50% 이상, 3점)으로 평가하고, 그 성적을 FEV1과 비교하였다. 또한 어떤 환자에서는 하폐야에 수지상 환기 결손상이 여러개 나타나기도 하였는데, 우리들은 이를 “빗자루 증후(broomstick sign)”라 부르기로 하였다.

한편, 폐관류스캔상 관류결손의 부위 및 정도를 폐환기스캔상 소견과 비교하였고, 기관지 확장제 치료 후 추적 검사를 시행한 5예의 치료 전, 후 폐환기스캔 소견의 변화를 관찰하였다.

결 과

단순흉부X선사진상 정상이었으며, 임상적 증상이 없는 5명의 정상인 폐환기 스캔은 양폐야에 균등한 방사성연무가 중앙부 기관지에는 침착되지 않고 양폐야에 균등하게 침착되었다(Fig. 1).

단순흉부X선사진상 31예중 26예(84%)에서 폐의 이상 팽창, 폐혈관의 세장화 및 이상분포, 기관지 벽의 비후 및 폐간질염증 증가 등 소견을 보였다.

폐환기스캔상 모든 예에서 경도 이상의 핵제제 이상 집적상을 보였는데, 중앙부기관지의 과다한 방사성 연무침착과 주변부 폐실질의 불규칙한 환기결손을 함께 보인

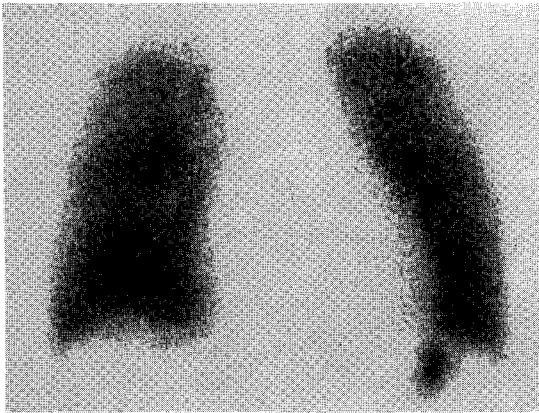


Fig. 1. Radioaerosol inhalation imaging of normal subject showing homogeneous parenchymal radioaerosol deposition in both lungs without central airway radioaerosol deposition.

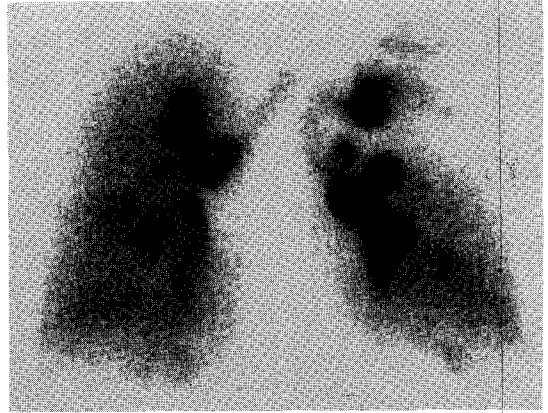


Fig. 2. Radioaerosol inhalation imaging (anterior view) showing increased central airway radioaerosol deposition and uneven peripheral ventilation defects in both lungs.

Table 1. Findings of Radioaerosol Inhalation Imaging in Bronchial Asthma

Grading Type	CD					PVD					BS
	0	I	II	III	(Total)	0	I	II	III	(Total)	
Attack			2	2	(4)	1	1		2	(4)	2
Resistant				5	(5)		2	1	2	(5)	6
Remittant	3	2	5		(10)		7	3		(10)	4
Bronchitic	1	2	6	3	(12)		2	9	1	(12)	5
Total	4	4	13	10	31	1	12	13	5	31	17

CD : Central deposition, PVD : Parenchymal ventilation defects, BS : Broom-stick sign

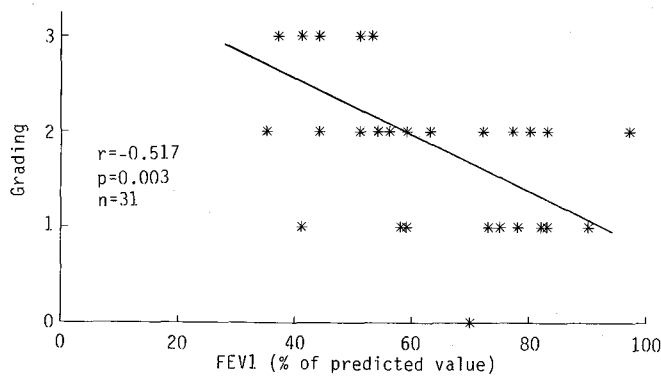


Fig. 3-a. Correlation between the score of central deposition and FEV1.

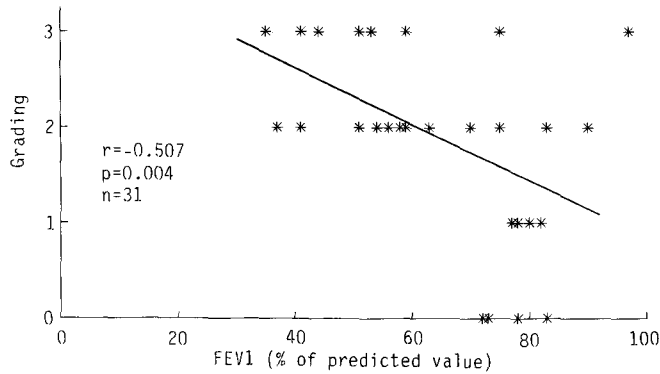


Fig. 3-b. Correlation between the score of peripheral ventilation defect & FEV1.



Fig. 4. Broomstick sign (black arrow).

혼합형이 26예(83%)로 가장 많았고(Fig. 2), 주변부의 국소적 환기결손만을 보인 주변부형이 4예(12%), 그리고 중앙형이 1예(3%)로 나타났다. 각 군간에 주변부 환기결손 정도의 차이는 없었으나, 중앙기관지 과다침착의 정도는 발작형 지속형에서 모두 중등도 이상으로 심하게(100%)나타난 반면 관해형의 50%에서는 정도 이하의 가벼운 변화를 보였다(Table 1). 스캔상 중심 기관지 과다침착 및 주변부 환기결손의 정도가 심할수록 폐기능검사상 FEV1 값이 현저히 감소하는 추세를 보였다(Fig. 3 a,b).

양폐하부에서 특이한 방사선상 또는 수지상 연무 침착을 보이는 “빗자루 증후”는 31예 중 17예에서 관찰되었다(Fig. 4). 폐관류스캔을 시행하였던 15예 중 대부분에서 환기 결손에 비하여 관류결손의 정도가 미미하거나 아예 없거나하여 환기-관류의 불일치를 보였다. 한편,

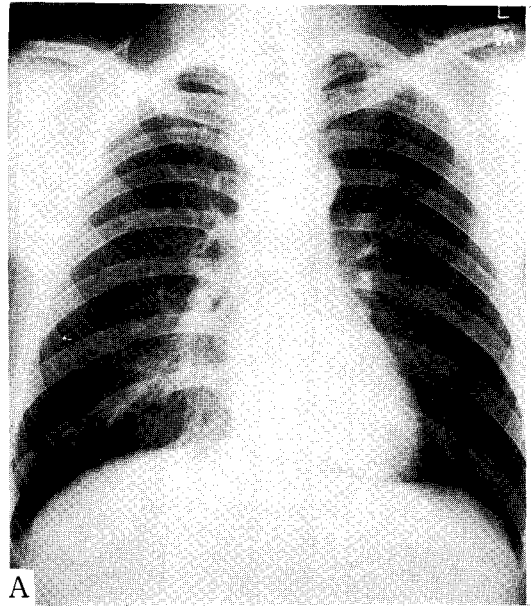
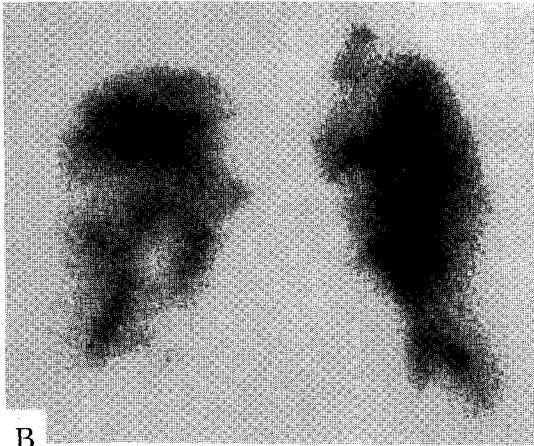


Fig. 5-a. PA CHEST showing mild overinflation of both lungs.

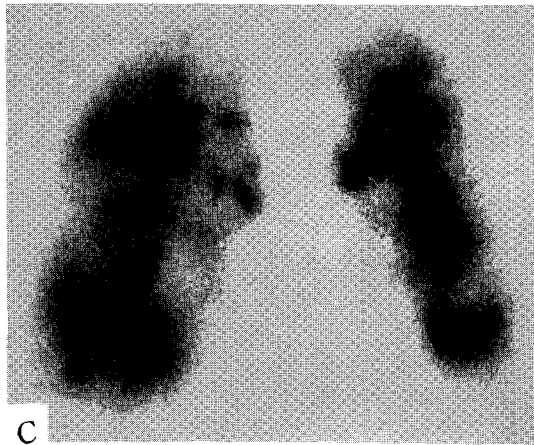
기관지 확장제 투여 후 추적검사를 시행한 폐환기스캔상 5예 모두에서 중앙 기관지내 핵제제 침착 감소와 주변부 환기 개선을 관찰할 수 있었다(Fig. 5 a~e).

고 찰

방사성 연무를 이용한 폐환기 스캔은 1965년 Taplin⁶⁾과 Pircher⁷⁾등에 의해 독립적으로 개발되었으나, 연무가 인두 후면, 대기도 및 위에 과다침착됨으로 인한 스캔 해석 상의 어려움이 있어 그 이용이 제한되어 왔다.



B

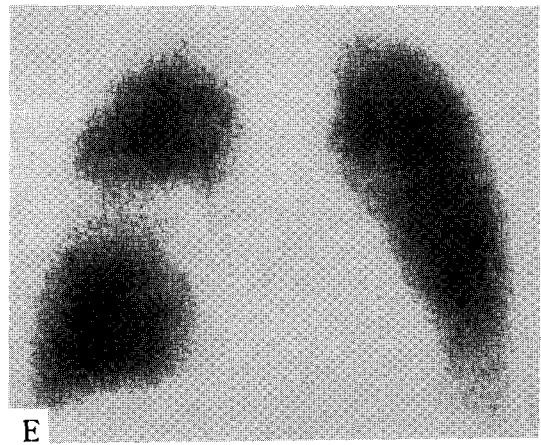


C

Fig. 5-b&c. Radioaerosol inhalation imaging before(b) and after(c) the bronchodilator therapy. More penetration of the radioaerosol into the periphery is noted following the therapy.



D



E

Fig. 5-d&e. Perfusion scans before(d) and after(e) the bronchodilator therapy. Perfusion defects before the therapy correspond to ventilation defects(b&c), and decrease in size as bronchodilator therapy.

폐환기스캔에 사용되는 핵 제제의 침착 기전은 크게 충돌, 침강 그리고 확산으로 나누어 생각할 수 있는데, 방사성 연무는 가스의 확산과정에 의한 재분포가 거의 없기 때문에 그 침착 양상이 기류에 영향을 받으며, 수 μm 에서 100 μm 의 큰 입자는 주로 상기도에서 일어나는 충돌에 의해 침착되고, 보다 작은 입자는 주로 폐말단부에서 침강에 의해 침착된다^{8,9)}. 실제로 폐환기 스캔이 폐환기 상태를 반영하기 위해서는 연무 입자의 크기가 2 μm 보다 작아야 하며, 이러한 연무입자는 81mKr과 대등한 침투지수를 보인다^{1,2)}. Taplin 등¹⁰⁾은 1~2 μm 정도의 방사성입자는 정상인의 폐에 고르게 분포되며 말단폐포까지 침투되어 관류스캔과 거의 비슷한 양상으로 보인

다고 하였다. 최근 방사성 연무를 이용한 폐환기 스캔은 연무 생산 및 흡입 방법 등의 개선으로 2 μm 이하의 작은 연무를 이용할 수 있게 되었으며^{11~13)}, 또한 폐환기스캔에 이상적인 각종 운반체를 사용함으로써 다른 방사성 가스를 이용하는 폐환기 스캔 보다 많은 장점이 있다¹⁴⁾. 실제로 연무흡입 폐환기스캔은 폐관류스캔과 함께 폐전색증 및 만성 폐색성 폐질환의 조기발견 등에 그 이용도가 증가하고 있다. 본 연구에 이용된 BARC 연무발생장치의 연무의 크기는 평균 0.8 μm (표준편차 2.0 μm)이며 약 15~22%의 연무가 폐에 침착되는 것으로 알려져 있는데¹⁵⁾, 5명의 정상인에서 시행한 폐환기스캔상 양폐

야에 균등하게 연무가 침착되어 정상 폐관류 스캔과 거의 동일하였다. 기관지 천식 환자에서 기관지 부분 폐색이 있으면 연무의 침착은 폐색부위에 많이 일어나고, 그 이하부위에는 연무침착이 대개 감소하며, 기관지가 완전 폐색되면 폐색이하 부위에는 방사능 결손으로 나타난다. 발작기 또는 지속기 기관지 천식은 대기도 수축을 중심으로 한 전반적인 폐기관지가 협착되기 때문에 환기스캔상 심한 중앙부 과다침착을 동반하는 미만성 또는 복합형의 폐-기관지 연무분포 이상으로 보이는 데 반하여, 관해기의 환자에 있어서는 대개 국소적인 폐말단의 이상으로 나타나는 데, 이러한 소견은 중앙 기관지 협착의 개선 후에도 말단 기관지 내의 염증성 부종 또는 점액에 의해 국소적인 환기 결손 부위가 계속 남아있기 때문이며, 반복적으로 재발하는 기관지 천식의 진단 및 치료에 있어 중요한 임상적 의미를 갖는다^{16,17}). 본 연구에서도 모든 환자에서 이상 소견을 보여 높은 민감도를 보였고, 중심성 과다침착 및 주변부 환기분포 이상의 복합형이 83%로 가장 많았다. 모든 발작기 및 지속기 환자에서 비교적 심한 중앙부 연무 과다침착을 보여 중앙 기관지 수축으로 인한 변화를 보였으며(Fig. 2), 경미한 증상을 보이거나 만성적인 경과를 보이는 관해기 또는 기관지염형의 환자중 4예(18%)에서는 중앙부 과다침착 없이 주변부 환기 결손만을 보여서 대기도 확장 또는 환기개선 후에도 말단 기관지 내의 염증성 부종이나 점액에 의한 국소 환기 이상이 개선되지 않고 남아 있음을 알 수 있다.

폐환기스캔상 이상 소견의 정도와 폐기능검사상 FEV1 값 사이에 의의있는 역상관 관계를 보인 것은, 저자들이 사용한 폐환기 스캔 소견의 분석 방법이 폐색성 질환에 있어 그 환기 기능을 평가하는데 적절한 척도임을 나타낸다. Garg¹⁸⁾등과 Taplin¹⁹⁾등에 의하면 만성 폐색성 폐질환에 있어 연무흡입 폐환기스캔의 이상 소견은 폐기능검사의 이상 소견과 좋은 상관을 보이며($r=0.668$ 및 $r=0.59$), 질환의 조기 진단에 있어 오히려 더 민감하다고 보고하였다. 저자들의 경우, 역시 폐환기스캔의 이상 소견과 폐기능검사의 FEV1값에 좋은 역상관 관계를 보였으며, 폐환기스캔은 기관지 천식 진단에 매우 높은 민감도를 보였다(100%). 더우기 본 연구의 모든 대상이 증상 발병 후 병력, 흉부단순X선사진소견 및 검사실소견 등에 의해 진단이 이루어졌던 환자이므로, 흉부단순X선사진이나 폐기능검사 소견과의 비교가 오

히려 의의가 있다고 생각된다.

일반적으로 기관지 천식 환자의 폐환기는 폐관류에 비하여 더 심한 장애를 받는다^{20,21}). 그러므로 기관지 천식 환자의 환기스캔은 관류스캔에 비해 보다 심한 이상소견을 보인다. 저자들의 경우에서도 관류스캔을 함께 시행한 대부분의 증례에서 환기 결손에 상응하는 부위에, 보다 적거나 경미한 관류결손이 보였다(Fig. 5). 또한 기관지 확장제 투여 후 시행한 추적검사에서 환기스캔 및 관류스캔이 함께 개선되었다. 그러므로 기관지 확장제 투여후의 추적 환기스캔은 국소적인 폐기능의 평가와 급성기 환자의 기관지 확장제 투여에 대한 반응의 측정에도움을 줄 것이다.

폐환기스캔상 폐하부에 수지상의 연무침착 ‘빗자루 증후’을 보인 증례는 17예(54%)로 급성기 뿐 아니라 관해기 및 기관지염형에 고르게 분포하였다. 기관지 천식 또는 만성폐색성 폐질환에 있어 ‘빗자루 증후’는 아직 보고된 바 없다. 기관지 천식 환자에서 급성기에 가역적인 기도 수축이 일어날 뿐 아니라, 증상 소실후에도 말초기도 내의 지속적인 기류 폐쇄가 일어난다²²). 그러므로, 이와같은 ‘빗자루 증후’는 아마도 말단 기관지의 수축이나 국소 부종 및 점액 형성에 의한 기류의 폐쇄로 인하여 그 원인부에 연무 침착이 이루어지지 못함에 따라 수지상의 열소로 나타난 것으로 생각된다. 이는 종래의 폐환기스캔에 사용되었던 비교적 큰 연무입자에 비하여, 작은 연무입자를 사용함으로써 말단부까지 비교적 균등한 침투가 가능하게 됨에 따라 나타나는 소견으로 생각된다. 향후 기관지 천식 환자 뿐 아니라 말단 기관지 폐쇄를 반영하는 병리적 상황에서 ‘빗자루 증후’의 빈도 및 유용성등에 대한 연구가 병리적 고찰과 함께 이루어져야 할 것이다.

결 론

저자들은 31명의 기관지 천식 환자에서 단순흉부사진, 폐기능검사상 FEV1값 및 BARC 연무발생장치를 사용하여 만든 연무흡입 폐환기스캔 소견을 분석하였다. 단순흉부X선사진상 26예(84%)에서 폐의 이상팽창 및 폐혈관 세장화 및 분포이상 등 이상 소견을 보였으며, 폐환기스캔상 모든 증례에서 경도이상의 핵제제 이상집적상을 보였다. 기관지-폐 집적 양상은 중앙 기관지의 과다한 방사성 연무 침착과 주변부 환기 결손으로

보였는데, 혼합형이 26예, 주변형이 4예, 그리고 중앙형이 1예였다. 발작기 및 지속기의 환자에서 더욱 심한 중심성 과다 침착의 소견을 보인 반면 관해형에서는 경도의 중앙성 과다침착을 보였다. 폐환기 스캔상 이상 소견의 정도와 폐기능검사상 FEV1값 사이에는 유의있는 역 상관관계를 보였으며, 기관지 확장제 치료 후 추적검사상 증상 및 폐기능검사의 호전과 함께 국소적 환기이상의 개선을 관찰하였다. 폐관류 스캔은 폐환기 스캔보다 결손부위가 작거나 경미하였다. 또한, 17명의 환자에서 '빛자루 증후'를 관찰하였다.

결론적으로 BARC 연무발생장치를 사용한 연무흡입 폐환기스캔은 기관지 천식의 폐환기분포 장애를 잘 나타내주며, 그 조기 진단 및 기관지확장제 투여 후 추적검사에 유용할 것이다.

REFERENCES

- 1) 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
- 2) Fazio F, Lavender P, Steiner RE: *Kr-81m ventilation and Tc-99m perfusion scans in chest disease: comparison with standard radiographs*. *AJR* 130:421-428, 1987
- 3) Hannan WJ, Emmett PC, Altken RJ, et al: *Effective penetration of the lung periphery using radioactive aerosol: concise communication*. *J Nucl Med* 23:872-877, 1982
- 4) Levine G, Housley E, Machead P, Macklem PT: *Gas exchange abnormalities in mild bronchitis and asymptomatic asthma*. *N Engl J Med* 282:1277-1282, 1970
- 5) Roca J, Ramis LI, Rodriguez-roisin R, et al: *Serial relationships between ventilation-perfusion inequality and spirometry in acute severe asthma requiring hospitalization*. *Am Rev Respir Dis* 137:1055-1061, 1988
- 6) Taplin GV, Poe ND: *A dual lung scanning technique for evaluation of pulmonary function*. *Radiology* 85:365-368, 1965
- 7) Pircher FJ, Temple R, Kirsch WJ, et al: *Distribution of pulmonary ventilation determined by radioisotope scanning*. *AJR* 94:807-814, 1965
- 8) 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
- 9) Mitchell RI: *Retention of aerosol particles in the respiratory tract*. *Am Rev Respir Dis* 82:627-639, 1960
- 10) Taplin GV, Poe ND, Greenberg A: *Lung scanning following radioaerosol inhalation*. *J Nucl Med* 7:77-87, 1966
- 11) Taplin GV, Elam D, Griswold ML, et al.: *Aerosol inhalation in lung imaging*. *Radiology* 112:431-433, 1974
- 12) Hayes M, Taplin GV, Chopra SK, et al: *Improved radioaerosol administration system for routine inhalation lung imaging*. *Radiology* 131:255-258, 1979
- 13) 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
- 14) Taplin GV, Chopra SK: *Lung perfusion-inhalation scintigraphy in obstructive airway disease and pulmonary embolism*. *Rad Clin North America* 16:491-513, 1978
- 15) Kotrappa P, Raghunath B, Subramanyan PSS, et al: *Scintiphography of lungs with dry aerosol: generation and delivery system*. *J Nucl Med* 18:1082-1085(Concise communication), 1977(India)
- 16) Chopra SK, Taplin GV, Tashkin DP, et al: *Imaging sites of airway obstruction and measuring functional response to bronchodilator therapy in asthma*. *Abstract. J Nucl Med* 18:606, 1977
- 17) Arvin ER, Jack KG, Alexander S: *Inhalation and perfusion radionuclide studies of pediatric chest disease*. *Radiology* 93:1123-1128, 1969
- 18) Garg A, Gopinath PG, 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
- 19) Taplin GV, Tashkin DP, Chopra SK, et al: *Early detection of chronic obstructive pulmonary disease using radionuclide lung-imaging procedures*. *Chest* 71:567-575, 1977
- 20) Robin AE, Goodrich JK, Spock A: *Inhalation and perfusion radionuclide studies of pediatric chest disease*. *Radiology* 93:1123-1128, 1969
- 21) Bentivoglio LG, Beerel F, Bryan AC, et al: *Regional pulmonary function studied with xenon-133 in patients with bronchial asthma*. *J Clin Invest* 42:1193-1200, 1963
- 22) McFadden ER, Kiser R, Degroot WJ: *Acute bronchial asthma: Relation between clinical and physiologic manifestations*. *N Engl J Med* 288:221-225, 1973