□ 원 저 □

기관지내 병변이 있는 환자에서 환기폐주사 및 관류폐주사의 임상적 의의

순천향대학 의학부 내과학교실

나 현 · 서국원 · 홍원기 · 박춘식

방사선과학교실

최 득 린 · 김 기 정

=Abstract=

Diagnostic Value of Technetium ^{99m}Tc-DTPA Radioaerosol Ventilation Scan in a Variety of Endobronchial Diseases

Hyun Ra, M.D., Gook Won Suh, M.D., Won Kee Hong, M.D. and Choon Sik Park, M.D.

Department of Internal Medicine, Soon Chun Hyang University Hospital

Deuk Lin Choi, M.D. and Gi Jeong Kim, M.D.

Department of Radiology

To evaluate the diagnostic value of Tc^{99m}-DTPA radioaerosol ventilation scan for prediction of the site and the character of endobronchial lesion and indirect prediction of ventilation-perfusion mismatch, we obtained Tc^{99m}-DTPA radioaerosol ventilation scan and Tc^{99m}-MAA perfusion lung scan in 8 patients of lung cancer, 3 patients of bronchiectasis, 1 patient of endobronchial tuberculosis and 1 patient of pneumonia.

The results were as follows:

- 1) Sensitivity of ventilation scan according to anatomic lesion was 13 of 13 patients(100%) and specificity was 11 of 13 patients(85%) and accuracy was 24 of 26 patients(92%).
- 2) Sensitivity of perfusion scan according to anatomic lesion was 13 of 13 patients(100%) and specificity was 9 of 13 patients(69%) and accuracy was 22 of 26 patients(85%).
- 3) In arterial blood gas analysis of matching group between ventilation scan and perfusion scan, PaO₂ was 87.25 ± 8.77 mmHg and PaCO₂ was 35.5 ± 3.79 mmHg. In mismatching group, PaO₂ was 83 ± 12.99 mmHg and PaO₂ was 36.75 ± 2.5 mmHg.
- 4) In 2 of 8 patients with lung cancer, hot spot was noted on ventilation scan and perfusion defect in perfusion scan was noted in the corresponding region to hot spot in ventilation scan.

We concluded that Tc^{99m} radioaerosol ventilation scan may be valuable for detection of site and character of endobronchial lesion.

서 론

방사선동위원소를 이용한 폐주사는 비관혈적이며 간

편하게 여러 폐질환의 진단 및 경과 관찰에 이용되고 있으며, 특히 폐색전(pulmonary embolism)의 진단에 기본적인 검사로서 관류폐주사와 환기폐주사의 중요성은 널리 알려져 있으며¹⁾ 폐암의 진행정도 및 조기 발

Table 1. Patient Data
Age distribution: 19 to 79 of Age

Disease	No. of case	Sex	
		M	F
Lung cancer**	8	8	0
Bronchiectasis**	3	0	3
Endobronchial tbc*	1	0	1
Pneumonia*	1	1	0
Total No.	13	9	4

*Confirmed by bronchoscopy

**Confirmed by bronchography

*Lung cancer: squamous cell cancer : 7 cases
adenocarcinoma: 1 cases

Table 2. Diagnostic Value of Ventilation Scan according to Anatomic Lesion

Anatomy defect Ventilation defect	Presence		Total
	Presence	Absence	
Presence	13	2	15
Absence	0	11	11
Total	13	13	26

Sensitivity: 13/13 (100%)

Specificity: 11/13 (85%)

Accuracy : 24/26 (92%)

Table 3. Diagnostic Value of Perfusion Scan according to Anatomic Lesion

Anatomy defect Perfusion defect	Presence		Total
	Presence	Absence	
Presence	13	4	17
Absence	0	9	9
Total	13	13	26

Sensitivity: 13/13 (100%)

Specificity: 9/13 (69%)

Accuracy : 22/26 (85%)

견을 위한 방법으로 시도는 되었으나 좋은 결과를 보이지는 아니 하였다. 현재 기관지내 병변을 규명하는데 주로 기관지촬영술과 굴곡성기관지내시경을 이용하고 있으며 특히 기관지내시경의 발달로 대부분의 기관지내 병변을 정확하게 진단할 수 있으나 검사방법이 비교적 관혈적이어서 저산소증, 기관지 경련등의 중증 호흡기 합병증이 동반되며 경우에 따라서는 심혈관 상

1. Ventilation scan

*3 ml of ^{99m}Tc -DTPA (20 mCi)

*Aerosolized with pressure nebulizer
(Bird CO. 15 L/min of compressed air)

*Scanner: r'scanner(Apex[®])

Fig. 1. Method of scan.

태가 불량한 환자에서나 협조가 잘 안되는 환자에서는 시행할 수 없다는 단점이 있다. 특히 기관지확장증의 경우 상기 검사들은 수술을 전제로 하는 경우를 제외하고는 일차 검사방법으로 적용되지 않아 청진소견 및 체위에 따른 객담 배출로도 기관지확장증이 의심되거나 병변의 위치를 확인하기 어려운 경우도 있다. 이에 저자들은 기관지내시경 검사나 기관지촬영술이 불가능하거나 불필요한 환자에서 비관혈적인 방법으로 기관지내 병변의 유무 및 정도를 측정하는 방법으로 Technetium-99m-Diethylene triamine Pentaacetic(이하 DTPA 라 약함) 기포(aerosol)를 이용한 환기폐주사의 사용가능성을 알아보고 환기 관류 불균형을 간접적으로 측정할 수 있는 방법으로서 폐환기 및 폐관류주사의 유용성을 알아보았다.

연구대상 및 방법

1984년 4월부터 9월까지 순천향의대 부속 순천향병원에 입원한 환자중 폐암 8예, 기관지결핵 1예, 기관지확장증 3예, 폐렴1예, 총 13예를 대상으로 하였으며 이중 남자는 9예, 여자는 4예였으며 나이는 19세부터 79세까지의 분포를 보였다(Table 1). 폐암 기관지결핵 및 폐렴은 굴곡성기관지내시경에 의하여 확진하였으며 기관지확장증은 기관지촬영술에 의하여 확진되었다. 폐암 8예는 편평상피세포암이 7예, 선암이 1예였다.

환기폐주사는 3 ml의 $\text{Tc-}^{99\text{m}}$ -DTPA 20 mCi를 Fig. 1에서와 같이 Bird사의 Pressure nebulizer를 이용하여 분당 15 l의 압축공기로 $\text{Tc-}^{99\text{m}}$ -DTPA를 기포화한 다음 10 l의 고무주머니에 저장하여 약 3분 동안 정제시켜 큰 입자는 침강시킨 후^{2,9)} One way valve를 사용하여 환자에게 흡입시킨 다음 Apex사의 감마스캐너(r-scanner)를 이용하여 전면상(Anterior

Fig. 2. Mass density in left hilar region in chest film.

Fig. 3. Hot spot in left hilar region in ventilation scan.

Fig. 4. Perfusion defect in perfusion scan in region corresponding to hot spot on ventilation scan.

Fig. 5. Atelectasis of right middle and lower lobe in chest film.

Fig. 6. Ventilation defect of middle and lower lobe on ventilation scan.

Fig. 7. Total perfusion defect of right lung on perfusion scan.

Table 4. Arterial Blood Gas Analysis in Matching VS Mismatching Group between Ventilation and Perfusion Scan according to Lobar Distribution

	No. of case	PaO ₂ mmHg	PCO ₂ mmHg	Age
Matching	4	87.25 ± 8.77	35.5 ± 3.79	35.25 ± 19.97 (19~60)
Mismatching	5	83 ± 12.99	36.75 ± 2.5	62.2 ± 20.72 (29~79)

Values are mean ± S.D.

Fig. 8. Complete obstruction of right pulmonary artery on pulmonary angiography by D.S.A.

view), 후면상(Posterior view), 좌측면상(left lateral view), 우측면상(right lateral view)을 얻었으며 관류폐주사는 Technetium-99m-macroaggregated albumin(이하 Tc-99 m-MAA 라 약함) 5 mCi 를 정맥내 주입시킨 후 3분후에 역시 Apex 사의 감마스캐너를 이용하여 전면상, 후면상, 좌측면상, 우측면상을 촬영하였으며, 환기폐주사와 관류폐주사간의 사진상의 결손부위가 일치하는 군과 비일치하는 군으로 나누어 동맥혈 산소분압을 측정하여 비교하였고 단순흉부사진에서의 병변크기와 환기폐주사간의 결손부위를 비교하여 병변의 크기가 같은 폐암환자와 다른 폐암환자에서 기관지내시경을 이용하여 기관지내 병변의 폐쇄정도를 알아보았다. 단순흉부사진과 환기 및 관류폐주사의 판독은 폐염을 기준으로하여 병변의 성격을 모르는 방사선과 의사에 의하여 개별적으로 시행되었다.

결 과

굴곡성기관지내시경 및 기관지촬영술에 의하여 진단된 병변의 폐엽에 따른 해부학적 위치에 대한 환기폐주사의 예민도는 13예중 13예(100%), 특이도는 13예중 11예(85%), 정확도는 26예중 24예(92%)에서 일치하였고(Table 2), 굴곡성기관지내시경 및 기관지촬영술에 의하여 확인된 병변의 폐엽에 따른 해부학적 위치에 대한 관류폐주사의 예민도는 13예중 13예(100%) 특이도는 13예중 9예(69%), 정확도는 26예중 22예(85%)에서 일치하였다(Table 3).

동맥혈가스분압 검사를 시행한 환자중 환기폐주사와 관류폐주사간의 사진상 결손부위가 일치하는 5예에서 동맥혈가스 분압은 PaO₂가 87.3 ± 8.7 mmHg, PaCO₂는 35.5 ± 3.8 mmHg 이었고 일치하지 않는 3예에서는 PaO₂가 83.6 ± 15.8 mmHg, PaCO₂는 36.3 ± 2.9 mmHg 이었다(Table 4).

폐암환자 8예중 2예에서 환기폐주사상 hot spot를 보였는데 이중 한 환자는 단순흉부사진상 좌측 폐문에 병변부위가 있었으며(Fig. 2), 기관지내시경 소견상 좌측상기관지간(left upper lobe bronchus)은 완전폐쇄를, 좌측하기관지간(left lower lobe branchus)은 부분적인 폐쇄를 보였으며 환기폐주사상 좌측 폐문부위에 hot spot를 보이고 좌측 폐상부에 결손소견을 보이고 있었으며(Fig. 3), 단순흉부사진상 종양의 위치 및 기관지내시경상 병변부위와 환기폐주사상의 hot spot의 부위가 일치하였으며 관류폐주사에서는 상기 위치에 hot spot와 같은 크기의 결손을 보였다(Fig. 4). 또 폐암환자 5예에서는 환기폐주사상의 결손부위와 단순흉부사진상의 병변부위의 크기가 일치하였으며 5예 전부에서 기관지내시경상 폐암에 의한 완전 기관지폐쇄가 있었으며 3예에서는 단순흉부사진상의 병변보다 환기폐주사상의 결손부위가 더 컸으며 3예 전부에서 기관지내시경상 부분적인 기관지폐쇄가 있었다. 또 1예의 폐암환자에서는 단순흉부사진상 우측 중엽 및 하엽에 무기폐의 소견을 보였고(Fig. 5) 기관지내시경 소견상 우측 중엽 및 하엽기관지에 폐암에 의한 완전기관지폐쇄가 관찰되었으며 환기폐주사상 우측 하엽 및 중엽에 결손부위를 보였으나(Fig. 6), 관류폐주사에서는 우측 폐 전체에 결손을 보여(Fig. 7), 계수적 감산혈관조영술(digital subtraction angiogram: DSA)을 이용한 폐혈관 촬영술을 시행한 결과 우측 폐동맥의 완전폐쇄를 관찰할 수 있었다(Fig. 8).

고 찰

폐질환에서 방사선동위원소를 이용한 연구는 Knipping 등²⁾이 1955년 xenon-133을 이용하여 폐암의 조기 진단에 처음으로 시도하였으나 그 결과가 만족스럽지 못하였으며 그들의 업적은 역사적인 관점에서 고찰되어 왔다. 그후 West 등³⁾이 oxygen-15와 radioactive CO₂를 포함한 cyclotrom-produced radioactive gas를 사용하여 폐의 생리학적인 연구를 하였는데 이러한 연구는 환기와 관류의 분포에 있어 중력의 영향을 비롯한 폐의 병적 변화에 대하여 정보를 제공하였으며 폐쇄성 폐질환이 있는 환자에 있어 radioactive gas 농도가 감소하여 환기 관류 불균형이 나타나는 국소적인 특징을 보여 주었는데 이러한 방법은 1963년에 이르러서야 임상적으로 널리 사용하게 되었으며⁴⁾ Wagner 등⁵⁾은 기관지암의 조기진단에 단순흉부사진상 병변부위보다 더 큰 관류장애를 보고하였으며 Lindell

등은 단순흉부사진상 병변이 의심되나 병변부위가 확실하지 않으며 객담검사서 암세포가 발견된 환자에서 스캔(scan)상 종양부위에 감소된 환기 및 관류 정도를 관찰하였다⁵⁾.

Cassen 등⁶⁾이 1951년 rectilinear scan을 발명하였는데 곧 갑상선질환과 뇌질환의 진단에 사용되었으며 그후 폐혈관의 혈류분포를 연구하는 방법으로 이 scanner가 널리 사용되었으나 1960년대에 이르러 폐스캔(lung scan)과 폐혈관촬영술이 발달하게 되었다⁷⁾.

Xenon-133을 이용한 환기폐주사가 폐쇄성 폐질환의 조기 발견에 시도되고 있으며⁸⁾ 특히 기관지암의 조기 발견에 이용되고 있는데 이는 폐암에서 환기장애가 관류장애보다 먼저 발생하기 때문에⁹⁾ 초기에 정보를 얻을 수 있다는 장점이 있다. 그리고 환기폐주사의 병변부위의 위치의 해석은 Deland와 Wagner^{10,11)}에 의한 관류폐주사를 이용한 폐엽의 해부학적 위치의 판독을 이용하였는데 저자들의 연구도 이 판독을 바탕으로 병변을 모르는 방사선과 의사에 의하여 폐엽의 위치를 확인하였다.

Katz 등⁵⁾에 의하면 관류 및 환기폐주사를 실시한 폐암환자중 75%에서 병변부위에 관류장애를 보였으며 67%에서 병변부위에 환기장애를 나타냈으며, 병변 이외의 부위에서도 관류장애는 54%에서 환기장애는 58%에서 관찰되었다고 하는데 저자들의 연구에서는 해부학적 병변에 따른 환기폐주사의 결손부위의 정확도가 92%, 특이도는 85%, 관류폐주사에서는 정확도가 85%, 특이도는 69%로 환기폐주사가 관류폐주사보다 더 정확히 병변의 위치를 관찰할 수 있을 것으로 사료되는데 이와같이 저자들의 경우가 Katz 등⁵⁾의 보고보다 정확도 및 특이도가 높게 나타나는 이유는 저자들은 병변의 위치를 폐엽에 국한시켰으나 Katz 등은 병변의 위치를 폐분절까지 판독하였기 때문이라 생각된다.

단순흉부사진에서 폐암의 소견은 보이지는 않으나 객담 세포검사에서 종양세포가 나타난 환자중 54%에서 종양부위에 상응하는 위치에 관류장애를 보였고 77%에서 종양부위에 상응하는 위치에 환기결손을 나타냈으며 85%에서 병변 이외의 부위에 환기장애를 보였으며 92%에서 병변 이외의 부위에 관류장애를 관찰할 수 있었다고 하는데 이와같은 폐엽 또는 폐분절의 관류장애의 정도는 폐문부위의 폐혈관이 종양에 의하여 만곡(distortion), 압박(compression), 침윤(invansion)되는 것과 아주 밀접한 관계가 있으며¹²⁾, 종양의 직경이 3cm 이상, 위치가 중앙부이며, 임파관선병증

(*lymphadenopathy*)이 있으면서 조직학적으로 소세포암(*Oat cell type*)인 경우에 더 자주 나타나며¹¹⁾, 단, 흉부사진상 직경이 3 cm 이하인 말초소폐종양(*small peripheral tumor*)에서는 관류폐주사에서 결손을 잘 감지할 수 없다고 하였는데¹²⁾ 저자들의 경우는 폐암 8예중 편평상피세포암이 7예, 선암이 1예였으며 1예에서 우측상부에 *Pancoast* 종양이 있었으며 7예에서는 종양이 모두 중앙부에 위치하고 직경이 3 cm 이상이었으며 병변의 크기에 차이는 있었으나 모두 관류 및 환기장애를 보여 주었다.

대개의 경우 폐암에서 관류장애가 환기장애보다 병변이 더 크게 나타나며 병변이 커짐에 따라 관류장애와 환기장애의 병변의 크기가 일치하게 되는데 이와같은 관류주사와 환기주사상 병변에 정도의 차이가 나타나는 것은 첫째, 종양에 의한 극소적인 저산소증을 동반한 저관류(*hypoperfusion*), 둘째, 정상 폐조직에 의하여 작은 환기장애가 산란(*scattering*)되고 증폭되어 실제 환기장애보다 사진상 작게 나타나기 때문이며¹³⁾ 또 이와같이 관류장애가 환기장애보다 더 큰 경우에는 기관지내 병변이 있다는 것을 암시하고 있으며, 특히 병의 초기에 현저히 나타나며 동맥혈저산소증이 올 수 있는데¹³⁾ 저자들의 연구에서는 환기폐주사와 관류폐주사의 결손부위가 일치하는 군에서는 PaO_2 가 87.3 ± 8.7 mmHg, 비일치하는 군에서는 83.6 ± 15.8 mmHg로 약간의 차이는 있었으나 예가 적어 비교에 어려움이 있었다. 또 관류폐주사상 결손부위가 단순흉부사진상 종양에 의한 병변부위보다 더 크게 나타나는데 이러한 불일치(*disparity*)의 병태생리는 확실치 않으나¹⁴⁾ 많은 예에 있어서 폐동맥의 분지가 종양에 의하여 압박을 받아 혈류가 감소된다는 보고가 있으며¹⁵⁾ 저자들의 경우는 폐암 8예중 6예에서 관류폐주사상 결손부위가 단순흉부사진상 병변보다 더 크게 나타났는데 이러한 양상이 나타나는데는 종양에 의한 혈관벽의 침윤(*invasion*) 뿐만 아니라 여러 요인에 의하여 올 수 있다고 한다¹⁴⁾.

기관지내 병변을 관찰하는데 있어 환기폐주사와 관류폐주사가 일치하면 기도에 폐쇄성 병변이 있음을 나타내는데⁸⁾ 본 연구에서는 환기폐주사와 관류폐주사의 일치는 13예중 5예(38.5%)에서 관찰되었으며 기관지내시경상 완전기관지 폐쇄를 보였으며 비일치는 13례중 8예(44.5%)에서 나타났으며 기관지내시경상 부분적인 폐쇄, 염증 및 정상소견을 보였다. 부분적인 기관지폐쇄가 있으면 기포(*aerosol*)가 폐쇄부위에서 소용돌이(*turbulence*)와 정체(*impaction*)를 일으키기

때문에 폐쇄부위에 과도한 침전(*deposition*)이 되어 폐쇄이하 부위에 기포의 침투가 방해받게 된다. 또 이 과도한 기포의 침전이 환기폐주사에서 주기관지에 부분적인 폐쇄가 있을 때 *hot spot*로 나타나게 된다¹¹⁾. 반면에 폐엽기관지간(*segmental bronchus*)은 너무 작아 소용돌이(*eddy formation*)를 일으킬 수 없으며 또 무기폐가 나타나기전 쉽게 종양에 의하여 완전폐쇄가 되기 때문에 *hot spot*가 나타나지 않는다¹¹⁾. 저자들의 경우 폐암환자 8예중 3예에서 부분적인 기관지폐쇄가 있었으며 이중 2예에서 좌측 폐문부에 *hot spot*를 보였으며 기관지내시경 소견상 종양에 의한 기관지협착이 있었을 뿐 완전폐쇄는 없는 상태였다.

결 론

기관지내 병변을 관찰하는데 비관혈적인 방법으로서 환기폐주사와 관류폐주사를 시행하여 아래와 같은 결론을 얻었다.

첫째, 환기폐주사의 정확도는 92%였으며 관류폐주사의 정확도는 85%였다.

둘째, 환기폐주사와 관류폐주사가 일치하는 군과 일치하지 않는 군사이의 동맥혈가스분압은 차이가 없었으며,

셋째, 단순흉부사진상의 병변부위와 폐주사의 병변크기로 기관지내 병변의 완전폐쇄와 불완전폐쇄를 구분할 수 있었고,

넷째, 환기폐주사상 폐암환자 8예중 2예에서 병변부위에 *hot spot*를 보이고 관류폐주사상 결손을 나타냈다.

이상을 요약하면 기관지내 병변이 있는 환자에서 기관지내시경이나 기관지촬영술이 불가능 또는 불필요한 경우에 Tc-99m-DTPA 기포를 이용한 환기폐주사는 기관지내 병변의 유무, 위치 및 정도를 알 수 있는 비관혈적인 수기로 사용될 수 있다고 사료된다.

REFERENCES

- 1) Wagner HN: The use of radioisotope techniques for the evaluation of patients with pulmonary disease. *Am Rev Resp Dis* 113:203, 1976
- 2) Wagner HN: The use of radioisotope techniques for the evaluation of patients with pulmonary disease. In: Knipping HW, Vernath H, Valentin H, Ludes H, Endler P, Ein neue

- methode zur prüfung der herz und lungen funktion. Die regionale funktion analyse in der lungen und herzklinik hilfe der radioactiven endelgases xenon-133. Dtsch Med Wochenschr 80:1146, 1955
- 3) West JB, Dollery CT, Hugh-Jones P: The use of radioactive carbon dioxide to measure regional blood flow in the lungs of patients with pulmonary disease. J Clin Invest 40:1, 1961
 - 4) Wagner HN, Sabiston DC, McAfee JG, Tow D, Stern HS: Diagnosis of massive pulmonary embolism in man by radioisotope scanning. N Engl J Med 271:377, 1964
 - 5) Katz RD, Alderson PO, Tockman MS, Stitik FP, Buchanan J, Rosenberg N, Wagner HN: Ventilation-perfusion lung scanning in patients detected by a screening program for early lung cancer. Radiology 141:171, 1981
 - 6) Caccen B, Curtis I, Reed G, Libby R: Instrumentation of I-131 used in medical studies. Nucleonics 9:46, 1951
 - 7) Urokinase pulmonary embolism trial, A national cooperative study. Circulation supplement II, 1973
 - 8) Alderson PO, Lee H, Summer WR, Motazed A, Wagner HN: Comparison of Xe-133 washout and single breath imaging for the detection of ventilation abnormalities. J Nucl Med 20:917, 1979
 - 9) Svanberg L: Regional functional decrease in bronchial carcinoma. Ann Thorac Surg 13: 170, 1972
 - 10) Harumi Itoh, Yasushi Ishii, Teruyasu Suzuki, Ken Hamamoto, Kanji Torizuka, Hiyoshimaru Oyamada, Takeshi Yoneyama: Inhalation scintigraphy with radioaerosol in bronchogenic carcinoma. In: Deland FH, Wagner HN, Atlas of nuclear medicine. lung and heart p3, Philadelphia, Saunders 1970
 - 11) Harumi Itoh, Yasushi Ishii, Teruyasu Suzuki, Ken Hamamoto, Kanji Torizuka, Hiyoshimaru Oyamada, Takeshi Yoneyama: Inhalation scintigraphy with radioaerosol in bronchogenic carcinoma. Radiology 119:623, 1976
 - 12) Walker RH, Provan JL: Scintillation scanning of lungs in preoperative assessment of carcinoma of bronchus. Brit Med J 3:327, 1969
 - 13) Espinola D, Rupani H, Camargo EE, Wagner HN: Ventilation-perfusion imaging in pulmonary papillomatosis. J Nucl Med 22:975, 1981
 - 14) Macumber HH, Calvin JW: Perfusion lung scan patterns in 100 patients with bronchogenic carcinoma. J Thorac Cardiovas Surg 72: 299, 1976
 - 15) Hatch HB, Maxfield WS, Ochsner JL: Radioisotope lung scanning in bronchogenic carcinoma. J Thorac Cardiovas Surg 50:634, 1965
 - 16) Talpin GV, Poe ND: A dual lung-scanning technique for evaluation of pulmonary function. GV, Poe ND: A dual lung-scanning technique for evaluation of pulmonary function. Radiology 85:365, 1965
 - 17) Talpin GV, Elam D, Griswald ML, Ramanna L: Aerosol inhalation in lung imaging. Radiology 112:431, 1974
 - 18) Kristersson S, Lindell SE, Svanberg L: Prediction of pulmonary function loss due to pneumonectomy using 133 Xe-Radioisometry. Chest 62:694, 1972
 - 19) Elam DS, Poe ND: A single-breath radioaerosol inhalation technique. Radiology 145: 542, 1982
 - 20) Pendergrass HP, Neel HS, Clement PB, Ptsaod MS: Lung perfusion pattern associated with widespread occlusion of the pulmonary vessels and lymphatics. Radiology 105:615, 1972