Tuberculosis and Respiratory Diseases 결핵 및 호흡기질환, Vol. 48, No. 6, Jun, 2000

□원 저□

흉부 X-선상 활동성 미정으로 판독된 경증 폐결핵 환자에서 활동성 판정에 대한 ^{67}Ga 평면영상과 SPECT의 비교분석

국립경찰병원 내과

안 민, 장원규, 김경곤, 김성민, 김윤권,
김소연, 김영중, 박병익, 조민구, 이권전

= Abstract =

Comparison of ^{67}Ga Planar Imaging and SPECT for the Evaluation of Activity in Undetermined Minimal Pulmonary Tuberculosis

Min An, M.D., Won Kyu Chang, M.D., Kyoung Gon Kim, M.D.,
Sung Min Kim, M.D., Yun Kwon Kim, M.D., M.D., Young Jung Kim, M.D.,
Byung Yik Park, M.D., Min Koo Cho, M.D., Gwon Jun Lee, M.D.

Department of Internal Medicine, National Police Hospital, Seoul, Korea

Background : We have studied the ^{67}Ga SPECT to determine the activity of pulmonary tuberculosis, especially in patients with minimal extent of the disease on chest radiographs. Because active minimal pulmonary tuberculosis is sometimes difficult to diagnose by means of initial chest X-ray, sputum examination and ^{67}Ga planar imaging, we compared ^{67}Ga planar imaging with SPECT to evaluate minimal pulmonary tuberculosis activity. Methods : ^{67}Ga planar imagings and SPECTs of 69 patients suspected of minimal pulmonary tuberculosis by the initial chest X-ray were performed and compared to each other. Active pulmonary tuberculosis was defined by a positive AFB smear and/or culture in the sputum and changes shown on the serial chest X-ray findings. Results : 1) ^{67}Ga planar imaging imagings showed positive uptakes in 24 patients and no uptakes in 13 patients, which confirms active pulmonary tuberculosis. But SPECT imagings showed positive uptakes in 25 patients and no uptakes in 12 patients. 2) Patients confirmed with inactive pulmonary tuberculosis showed no uptake on ^{67}Ga planar imaging. Only one of the 32 patients confirmed as having inactive pulmonary tuberculosis

Address for correspondence :
So Yon Kim, M.D.
Department of Internal Medicine, National Police Hospital
588 Garakbon-dong, Songpagu, Seoul 138-780, Korea
Phone : 02-3400-1204 Fax : 02-430-2287 E-mail : drsykim@chollian.net

showed positive uptake on ^{67}Ga SPECT imaging.

Conclusions : According to the results of our study, ^{67}Ga planar imaging and SPECT are both sensitive in detecting the activity of minimal pulmonary tuberculosis. The difference between the two methods is not statistically significant, and the negative predictive value of the ^{67}Ga SPECT is not higher than that of ^{67}Ga planar imaging. (Tuberculosis and Respiratory Diseases 2000, 48 : 870-878)

Key words : ^{67}Ga planar imaging, SPECT, Minimal Pulmonary Tuberculosis.

서 론

초진시 흉부 X-선 소견상 경증의 폐결핵 병변을 보이면서 활동성 미정으로 판독된 경우에는 대개 객담검사에서 균이 검출되지 않거나 증상도 뚜렷하지 않을 때가 많아, 조기에 그 병의 활동성 여부를 판정하여 적절한 치료를 하기 위해 보다 정확하고 예민한 검사들이 요구되어져 왔다.

활동성 여부의 판정은 흉부 X-선 추적검사 또는 결핵균 객담검사로 확진할 수 있지만 결핵균의 검출은 객담 도말 검사상 20~25%, 결핵균 배양 검사상 30~65%며[1-3], 1990년도 우리나라 보고에서도 균 양성율이 38%로 낮고[4], 흉부 X-선 검사는 6개월 이상의 추적검사가 필요하여 활동성 폐결핵의 치료가 지연될 수도 있다.

^{67}Ga 평면영상은 활동성 폐결핵의 경우 97%에서 섭취 증가를 보이며 비활동성 폐결핵의 경우에는 ^{67}Ga 섭취 소견이 관찰되지 않아 폐결핵의 활동성 판정에 이용되고 있고5, 이 등[6]은 ^{67}Ga 폐 신티그라피가 폐결핵의 활동성 판정에 있어 흉부 X-선 검사보다 유효하다고 하였다. 그러나, 경증 폐결핵에서는 ^{67}Ga 섭취가 중등증 및 중증 환자에서보다 낮은 것으로 보고되고 있다[7].

흉부 X-선의 결과에 비교하여 흉부 X-선에서 활동성 미정인 경우, 더구나 ^{67}Ga 섭취가 낮을 것으로 사료되는 경증 폐결핵의 경우에는 지금까지 ^{67}Ga 평면영상이나 SPECT의 유용성을 비교한 연구가 없었다. 이에 저자들은 초진시 흉부 X-선 소견상 경증의 폐결핵 병변을 보이면서 활동성 미정으로 판독된 환자를 대상으로 평면영상보다 민감도나 정확도가 증가되는 것으로 알려져 있는 SPECT를[8-15] 동시에 시행하여 두 검사간의 유용성을 비교 분석하였다.

대상 및 방법

1. 대상 환자

1996년 6월부터 1999년 12월까지 본원 내과에 내원한 환자에서 흉부 X-선 소견상 경증의 폐결핵 병변을 보이면서 활동성 미정으로 판독된 환자 중 흉부 X-선 추적검사와 최종 활동성 판정이 가능하였던 69명의 환자를 대상으로 하였다. 대상 환자의 연령은 19세에서 44세까지였고 평균연령은 23세였으며 그 중 남자가 68명이었다(Table 1). 초진시 흉부 X-선 검사상 폐결핵 이외의 병변(폐렴, 늑막염 등)과 동반된 소견을 보인 경우는 대상에서 제외시켰고, 흉부 X-선 추적 검사가 이루어지지 않은 경우는 포함시키지 않았다. 또한, 최종 활동성 여부를 결정할 수 없는 경우도

Table 1. Age and sex distribution of subjects

Age	Male	Female	Total
10-19	1	0	1
20-29	62	0	62
30-39	2	0	2
40-49	3	1	4
Total	68	1	69

제외시켰다.

2. 방 법

1) 흉부 X-선

흉부 X-선 판독은 방사선과에서 2인 이상의 의견을 종합하여 결정하였는데, 판독 기준은 병변의 크기에 따른 분류법에 따라, 작고 공동이 없는 병변으로서 그 면적의 합이 제 2 흉골 연골 접합부나 제4흉추의 극상돌기 또는 제5흉추의 체부 이상의 한쪽 폐의 면적보다 작은 결핵 또는 흉부 X-선상 이상 소견 없이 객담도말에서만 양성인 경우를 경증이라 하였다[16].

2) ^{67}Ga 폐 신티그라피

^{67}Ga 평면영상은 ^{67}Ga citrate 111 MBq를 정주하고 48시간 후에 감마카메라(Siemens orbiter 75 series, ADAC solus-II)를 환자의 전후 방향으로 주사하여 전면상과 후면상을 얻고, SPECT는 30초당 한 면씩 360도 회전하면서 3개의 photopeak를 얻어 64면의 투사영상을 얻었다. 일반적으로 폐질환에서 ^{67}Ga 섭취정도는 신장 아래의 후중복강 활성도(posterior mid-abdominal activity)와 같은 정도를 0도, 척추의 섭취 강도보다 낮지만 0도 보다는 높을 때를 1도, 척추의 가장 낮은 섭취강도와 같을 때를 2도, 척추의 가장 높은 섭취강도와 같을 때를 3도, 간의 가장 높은 섭취강도와 같을 때를 4도로 정하여 평가하는데, 1도 이상의 ^{67}Ga 섭취 소견을 보이면 양성으로 판독하였다.

3) 결핵의 활동성 확진 방법

최종 활동성 여부는 객담 일반 도말검사 및 PCR법 또는 배양검사에서 균양성인 경우를 활동성 결핵으로 확진 하였고, 임상적으로 기침, 객담, 미열, 체중감소, 야간발한 등의 증상이 있을 때 항결핵제를 바로 투여하거나, 증상에 따른 항생제 치료에도 임상적인 변화가 없을 시에 항결핵제를 투여하여 6개월 후 추적 검사한 흉부 X-선에서 호전을 보인 경우도 최종 활동성 결핵에 포함시켰다.

또한, 세 번 이상의 객담검사에서 결핵균이 검출되지 않고, 6개월간 흉부 X-선 추적 검사에서 병변의 변화가 없는 경우를 비활동성 결핵으로 최종 결정하였다.

4) 통 계

McNemar chi-square test를 이용하여 ^{67}Ga 평면영상과 SPECT의 민감도를 비교 분석하였다.

결 과

1. 초진시 흉부 X-선 판독결과와 최종 활동성 여부

초진시 흉부 X-선 소견상 활동성 미정으로 판독된 경증 폐결핵 69예 중 37예(54%)는 최종 활동성 폐결핵으로 판정되었다(Table 2). 이 중 객담 도말 검사에서 8예(22%), 객담 도말 검사에서는 균음성 이었으나 객담 배양검사에서만 균양성인 경우가 8예(22%)였고, 임상적으로 항결핵제를 투약하여 6개월 지나 추적 검사한 흉부 X-선에서 호전을 보인 경우가 21예(57%)였다. 또한, 최종 비활동성 폐결핵으로 판정된 32예는 객담검사 음성이고 6개월간 추적 검사한 흉부 X-선에서 변화가 없었던 경우였다.

2. ^{67}Ga 평면영상과 SPECT의 결과

1) 최종 활동성 폐결핵으로 판정된 37예 중 ^{67}Ga 평면영상에서는 24예(65%), SPECT에서는 25예(68%)에서 ^{67}Ga 섭취소견을 보였고, ^{67}Ga 섭취소견이 관찰되지 않은 경우는 ^{67}Ga 평면영상에서 13예(35%), SPECT에서 12예(32%)였다(Table 2).

2) 최종 비활동성 폐결핵으로 판정된 32예 중 ^{67}Ga 평면영상에서는 32예(100%) 모두에서 섭취 소견이 관찰되지 않았으며, SPECT에서는 31예(97%)에서 ^{67}Ga 섭취 소견이 관찰되지 않았고 나머지 1예(3%)

Table 2. Comparison of ^{67}Ga planar imaging with SPECT in minimal pulmonary tuberculosis

		Active Tb	Inactive Tb	유용성의 평가
^{67}Ga Scan	Positive	24	0	Sensitivity 65%
				Specificity 100%
	Negative	13	32	Negative predictive value 71.1%
^{67}Ga SPECT	Positive	25	1	Sensitivity 68%
				Specificity 97%
	Negative	12	31	Negative predictive value 72.1%

Table 3. Difference of in sensitivity to detect activity of minimal pulmonary tuberculosis compared ^{67}Ga planar imaging and SPECT.

	SPECT(+)	SPECT(-)	Total
Scan(+)	24	0	24
Scan(-)	1	12	13
Total	25	12	37

에서는 ^{67}Ga 섭취 소견을 보였다(Table 2).

3) 최종적으로 활동성 결핵으로 판정된 37예 중에서 배양 양성군 14예중 ^{67}Ga 폐 신티그라피에서 양성을 보인 경우가 10예(72.4%), 투약으로 호전된 군 21예중 ^{67}Ga 폐 신티그라피에서 양성을 보인 경우가 14예(66.6%)로 배양 양성군에서 약간 높았다.

4) ^{67}Ga 평면영상과 SPECT의 두 검사간의 민감도의 차이는, 먼저 McNemar chi-square test상 $\chi^2=(0-1)^2/(0+1)=1$로 $p>0.15$이므로 민감도의 차이를 볼 수 없어서 두 검사법이 동일한 효과를 가지는 것으로 나타났다(Table 3).

고 찰

^{67}Ga은 정맥 주사하면 염증세포와 세균 안에 비가역적으로 포획되어 염증 병소에 모이는데 체내 정상분포를 보면 24~48시간 후 폐의 ^{67}Ga 섭취 농도는 정상적으로 낮은 농도를 보인다. 이러한 점을 이용하여 폐결핵 병변의 활동성 여부의 판정에 ^{67}Ga 평면영상이 매우 민감한 검사로 사용되어 왔다. Siemsen 등[5]은 활동성 폐결핵의 경우 97%에서 ^{67}Ga 섭취 증가를 보이며, 비활동성 폐결핵의 경우에는 ^{67}Ga 섭취 소견이 보이지 않는다고 보고하였다.

그러나 흉부 X-선 소견상 경증 폐결핵의 경우 김 등[17]에 의하면 균 양성율이 21.5%로 모든 폐결핵에서의 38%보다 낮고[4], 강 등[18]은 흉부 X-선 검사에서 중증 폐결핵으로 진단된 환자 21예를 대상으로 조사한 바, 활동성 폐결핵으로 판정된 17예 중 17예에서 ^{67}Ga 섭취 소견이 관찰되어 100%를 보인 반면, 경증 폐결핵으로 진단된 환자 50예에서는 최종 활동성 폐결핵으로 판정된 20예 중 18예에서 ^{67}Ga 섭취 소견이 관찰되어 90%로, Siemsen 등[5]의 97%보다 낮게 보고되었다. 여기서 흉부 X-선 소견상 경증의 폐병변을 보이면서 활동성 미정으로 판독된 경우로 제한하면 ^{67}Ga 섭취에 의한 민감도는 더 낮을 것으로 생각된다.

^{67}Ga 평면영상에 비해 SPECT는 체내 방사성 동위원소의 분포를 단층영상으로 관찰할 수 있게 하여 평면영상에서 소실되는 깊이(depth)정보를 가능하게 해주며, 배후방사능에 대한 병변병소 비를 증대시켜 배후방사능의 잡음(noise)을 줄임으로써 해상력을 향상시켰다. 따라서, 다양한 질환에서 유용하게 쓰이고 있는데, O'Donnell 등[13]은 폐질환, Hattori 등[19]은 식도암, 그리고 Yui 등[20,21]은 두경부 종양에서 ^{67}Ga 평면영상보다 SPECT에서 민감도가 의미있게 향상되었다고 보고하였다. 그러나, 저자들의 연구에서는 X-선 소견상 경증의 폐결핵 병변을 보이면서 활동성 미정으로 판독된 환자 69명에서 활동성으로 최종 판정

Table 4. False negative cases of ^{67}Ga scan & SPECT in finally proven confirmed active pulmonary tuberculosis.

번호	Sex/Age	Initial Chest PA	객담도말(+)	객담배양(+)	X-ray(+)	추적 흉부	X-선 검사
1	M/21	Undetermined	Tb-PCR(+)			3개월 후	호전
2	M/21	Undetermined	AFB(+)	Culture(+)		2개월 후	호전
3	M/42	Undetermined		Culture(+)		1년 후	호전
4	M/21	Undetermined		Culture(+)		2주 후	호전
5	M/22	Undetermined		Culture(+)		2개월 후	호전
6	M/21	Undetermined		Culture(+)		6개월 후	호전
7	M/20	Undetermined			투약 후 호전	3개월 후	호전
8	M/20	Undetermined			투약 후 호전	6개월 후	호전
9	M/26	Undetermined			투약 후 호전	5개월 후	호전
10	M/22	Undetermined			투약 후 호전	2개월 후	호전
11	M/22	Undetermined			투약 후 호전	4개월 후	호전
12	M/21	Undetermined			투약 후 호전	3개월 후	호전

된 37명 중 ^{67}Ga 평면영상에서는 24예(65%), SPECT에서는 25예(68%)에서 ^{67}Ga 섭취소견이 관찰되어, 결핵의 유병율을 100,000명당 9.3명 꼴로 발생한다고 보았을 때[4], 민감도는 ^{67}Ga SPECT에서 ^{67}Ga 평면 영상에 비해 약간 증가하는 양상을 보였으나 통계학적으로 유의한 차이는 보이지 않았다(p-value <0.1).

최종 활동성 폐결핵으로 판정된 환자 중 ^{67}Ga 평면영상에서 섭취 소견이 관찰되지 않고 SPECT에서만 섭취 소견이 관찰된 1예는, 과거력상 약물 복용력은 없으며 내원시 뚜렷한 증상을 호소하지 않았고 좌상엽에 침윤 소견을 보이는 활동성 미정 폐결핵으로 판독되었던 예로 임상적으로 항결핵제 투여 후 6개월 지나 시행한 흉부 X-선 추적 검사상 호전되었다(Fig. 1).

최종 활동성 폐결핵으로 판정된 환자 중 ^{67}Ga 평면영상과 SPECT 모두에서 ^{67}Ga 섭취소견이 관찰되지 않았던 12예 중 객담 도말 검사에서 양성인 경우가 2예, 객담 도말 검사에서는 음성이었으나 객담 배양 검사에서 양성인 경우가 4예, 흉부 X-선 추적 검사상 임상적으로 활동성으로 판정한 경우가 6예였다. 대부분은 결핵 치료 6개월 내 호전되는 양상을 보였다(Table 4).

최종 비활동성 폐결핵으로 판정된 환자 중 ^{67}Ga 평면영상에서는 섭취 소견이 관찰되지 않았으나 SPECT에서 섭취 소견이 관찰되었던 1예는 최근 증가된 기침과 객담을 주소로 내원 하였고, 5년 전에 결핵성 임파선염으로 2년간 결핵 치료받은 과거력이 있으며, 흉부 X-선 소견상 우하엽에 불명확한 석회화 병변을 보여 활동성 미정으로 판독되었으며 ^{67}Ga 폐 신티그라피를 시행한 결과 SPECT에서만 우하엽에 ^{67}Ga 섭취 증가소견이 관찰되었다(Fig. 2). 2개월 후 촬영한 흉부 X-선 소견상 변화 없었으며 추적 검사한 SPECT에서는 ^{67}Ga 섭취소견이 관찰되지 않았다. 이 환자의 경우 ^{67}Ga 폐 신티그라피 촬영시 기침 및 객담 증상이 있는 것으로 보아 급성 기관지염에 의한 염증 반응으로 더 민감한 검사인 SPECT에서만 ^{67}Ga 섭취소견이 보인 것으로 사료된다.

한편 저자들은 활동성 결핵의 진단 근거에 Tb-PCR 양성인 경우와 항결핵제 투여 후 흉부 X-선 추적 검사상 호전을 보인 경우를 포함시켰는데, Tb-PCR은 민감도는 높지만 특이도가 낮아 위양성의 가

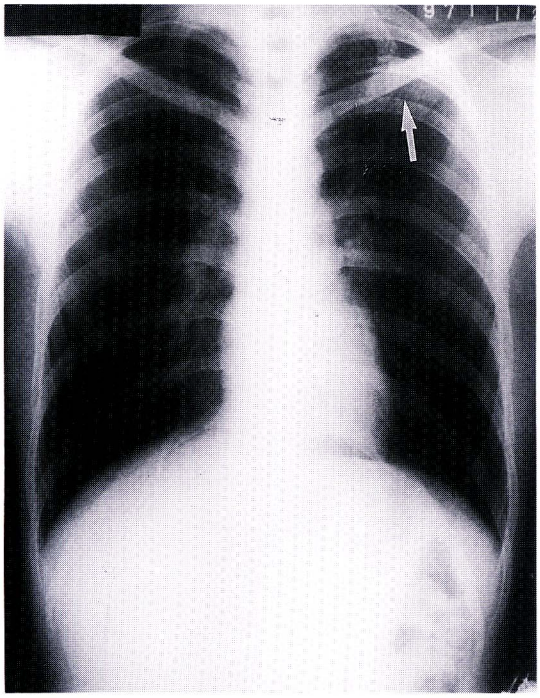
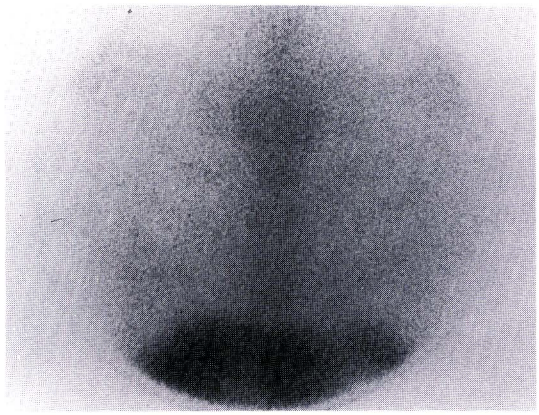
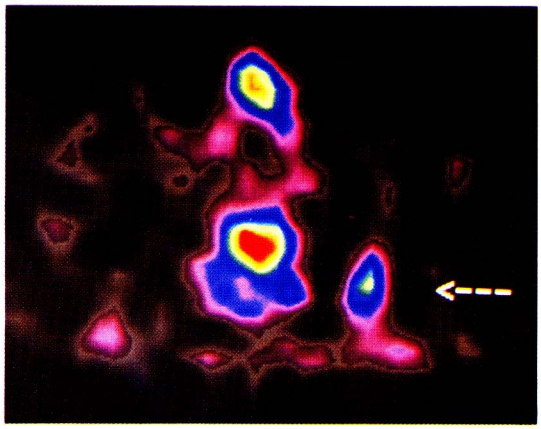


Fig. 1. A 22-year-old man was finally proved to have confirmed with active pulmonary tuberculosis.
A) Initial Chest PA is interpreted as undetermined activity of pulmonary tuberculosis(arrows).



B) Planar image of the anterior chest shows no any abnormal uptake.



C) SPECT image of the transverse view shows increased uptake in left upper lobe(arrow).

능성이 있고, 항결핵제를 투여 후 활동성 폐결핵 뿐아니라 흉부 X-선상 폐결핵과 감별을 요하는 감염성 폐질환도 추적 X-선 검사에서 호전될 가능성을 완전히 배제할 수 없어 정확한 활동성 결핵 판정에 오차가 있을 수 있다는 것이 이 논문의 제한점으로 생각된다.

결론적으로 흉부 X-선 소견상 활동성 미정으로 판독되었다가 최종 활동성 폐결핵으로 판정된 37예 중 ^{67}Ga 평면영상에서는 24예, SPECT에서는 25예에서 ^{67}Ga 섭취증가 소견이 관찰되어 ^{67}Ga 평면영상의 민감도는 65%, 특이도는 100%, 음성 예측율은 71.1%로 나타났고, SPECT의 민감도는 68%, 특이도는 97%, 음성 예측율은 72.1%로 나타났다. 따라서 ^{67}Ga 폐 신티그라피는, 동반된 염증소견을 배제하면, 경증 폐결핵환자의 활동성 판정에 있어서 유용한 검사라 할 수 있지만, ^{67}Ga 평면영상과 SPECT의 비교분석에서는 민감도와 특이도, 음성예측율에서 통계학적으로 유의한 차이는 발견하지 못하였다.

요 약

목 적:
초진시 흉부 X-선 소견상 경증의 폐결핵 병변을 보이

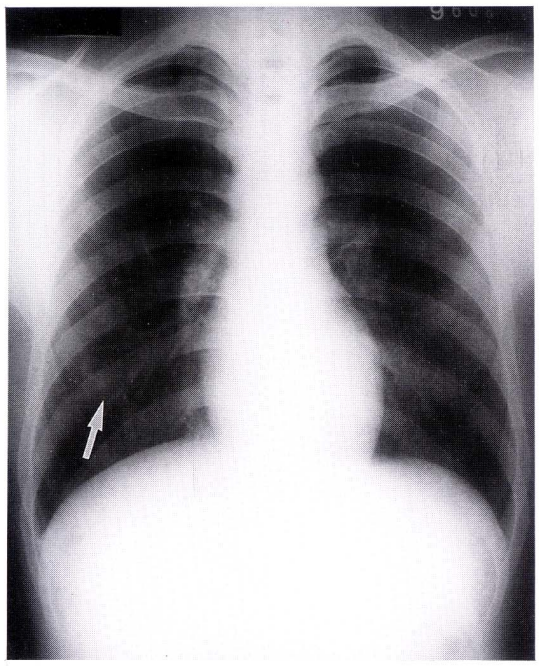
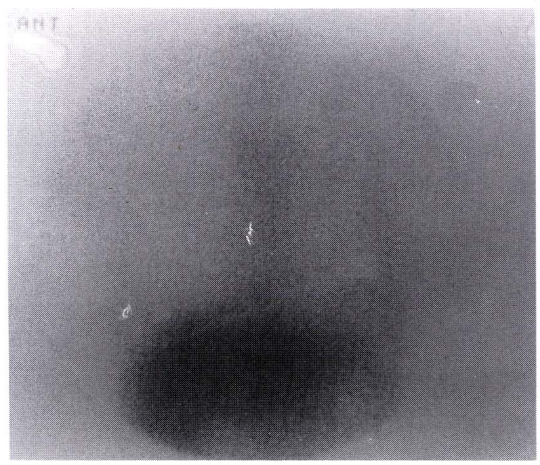
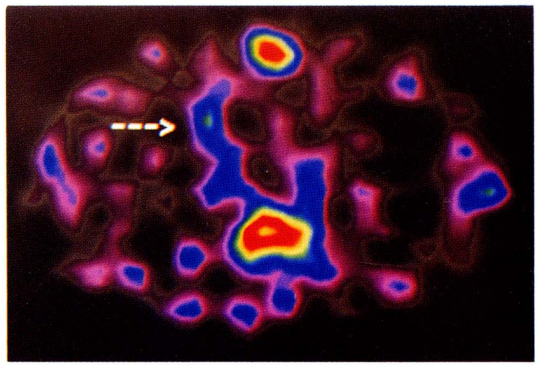


Fig. 2. A 21-year-old man was finally proved to have was confirmed with inactive pulmonary tuberculosis
A) Initial Chest PA is interpreted as undetermined activity of pulmonary tuberculosis(arrows).



B) Planar image of the anterior chest shows no any abnormal uptake.



C) SPECT image of the transverse view shows increased uptake in right lower lobe(arrow).

면서 활동성 미정으로 판독되었을 때, 객담 검사상 결핵균이 검출되지 않은 경우가 많아 그러한 환자군에서 결핵의 활동성 평가를 위한 ^{67}Ga 평면영상의 가치를 확인하고, 일반적으로 평면영상보다 민감도와 정확도가 높다고 알려진 SPECT과의 비교 분석을 통해 두 검사간의 유용성을 평가하고자 하였다.

대상 및 방법 :

1996년 6월부터 1999년 12월까지 본원 내과에 내원한 환자 중 최초 흉부 X-선 소견상 경증의 폐결핵 병변을 보이면서 활동성 미정으로 판독된 69예를 대상으로 ^{67}Ga 평면영상과 SPECT를 동시에 시행하였다.

결 과 :

전체 대상환자 69예 중 최종 활동성 폐결핵으로 판정된 37예 중 객담 결핵균 도말 검사에서 8예(22%), 객담 배양검사에서 8예(22%)가 균양성 이었으며, 임상적으로 항결핵제를 투약하여 6개월 지나 추적 검사한 흉부 X-선에서 호전을 보인 경우가 21예(57%)였다. 최종 활동성으로 판정된 37예 중 ^{67}Ga 평면영상에서 섭취 소견이 보인 경우는 24예(65%), 섭취소견이 보이지 않은 경우가 13예(35%)였으며, SPECT에서 섭취 소견이 보인 경우는 25예(68%), 섭취소견이 보이지 않은 경우가 12예(32%)였다 (Table 2). 최종 비활동성 폐결핵으로 판정된 32예 중 ^{67}Ga 평면영상에서는 모든 예에서 섭취 소견이 보

이지 않았고, SPECT에서 섭취 소견이 보이지 않은 경우가 31예(97%), 섭취 소견이 보인 경우가 1예(3%)였다.

결 론:

흉부 X-선 소견상 경증의 폐결핵 병변을 보이면서 활동성 미정인 폐결핵 환자의 활동성 판정에 있어서 ^{67}Ga 평면영상은 민감도가 65%, 특이도가 100%, 음성 예측율이 71.1%이고, SPECT은 민감도가 68%, 특이도가 97%, 음성 예측율이 72.1%로 나타났다. 흉부 X-선 소견에서 초진시 활동성 미정으로 판독된 경증 폐결핵 환자에서 ^{67}Ga 평면영상과 SPECT은 초진시 활동성 여부 판정에 모두 유용한 것으로 사료되며, ^{67}Ga 평면영상과 SPECT의 비교분석에서 민감도와 특이도, 음성예측율에서도 통계학적으로 유의한 차이는 발견하지 못하였다.

참 고 문 헌

1. Munt PW : Miliary tuberculosis in the chemotherapy era with a clinical review in 69 American adults. Medicine 1971;51:139-55
2. Sahn SA, Neff TA : Miliary tuberculosis. AM J Med 1974;56:495-505
3. Gelb AF, Letter C, Brewin A, Mascatello V, Lyons HA : Miliary tuberculosis. AM Rev Respir Dis 1973;108:1327-333
4. 보건사회부, 대한결핵협회 : 제6차 전국결핵실태조사 결과. 1990
5. Siemsen JK, Grebe SF, Waxman AD : The use of Gallium-67 in Pulmonary Disorders. Semin Nucl Med 1978;8:235-49
6. 이승걸, 김영성, 성이경, 조용근, 박형근, 오용구 등 : 폐결핵 환자에서 Gallium-67 Scan의 진단적 가치. 대한내과학회 1992;43:695-700
7. 이승구, 이윤하, 김진곤, 서대원, 장태종, 김소연 등 : 활동성폐결핵 환자의 치료에 따른 ^{67}Gallium 폐주사의 음전시기의 의의. 대한내과학회 1995;49:254-59
8. Jaszczak RJ, Whitehead FR, Lim CB, Coleman RE : Lesion detection with single-photon emission computed tomography(SPECT) compared with conventional imaging. J Nucl Med 1982;23:97-102
9. Ritchie JL, Larsson S, Israelson A, Schnell PO, Holmgren A, Williams DL, et al : Single photon tomographic imaging of a standard heart phantom with 201Tl : a gamma camera based system. Eur J Nucl Med 1982;7:254-59
10. Nohara R, Kambara H, Suzuki Y, Tamaki S, Kadota K, Kawai C, et al : Stress scintigraphy using single-photon emission tomography in the evaluation of coronary artery disease. Am J Cardiol 1984;53:1250-4
11. Lee RGL, Hill TC, Holman BL, Uren R, Clouse ME : Comparison of N-isopropyl(I-123) p-iodoamphetamine brain scans using Anger camera scintigraphy and single-photon emission tomography. Radiology 1982;145:789-93
12. Strauss L, Bostel F, Clorius JH, Raptou E, Wellman H, Georgi P : Single-photon emission computed tomography(SPECT) for assessment of hepatic lesions. J Nucl Med 1982;23:1059-65
13. O' Donnell JD, Go RT, Cordasco EM : Improved evaluation of pulmonary disease with gallium-67 emission tomography. Cleve Clin Q 1985;52:525-31
14. 汪 靜, 배상균, 염하용 : 비호지킨 림프종의 진단에서 갈륨 SPECT의 유용성 : 평면영상과 SPECT 영상의 비교. 대한핵의학회지 1996;30:139-44
15. 권삼옥, 김종민, 배상균, 김상석, 오경승, 조영덕 : 두경부 종양과 경부 임파절 전이 : 갈륨 스캔과 CT 소견의 비교. 대한방사선의학회지 1995;33:699-703

16. 한성구, 한용철 : 폐결핵. 한용철. 임상호흡기학. 1판. 서울 : 일조각;1990. p.179.
17. 김상재 : 한국의 결핵실태. 미생물과 산업 1995; 21:51-57
18. 강성구, 홍기용, 김철우, 강 욱, 정순영, 고창석 등 : 폐결핵 환자에서 활동성 판정에 대한 Gallium-67 scan의 진단적 가치. 대한내과학회 1990;38:242-49
19. Hattori T, Nakagawa T, Takeda K, Maeda H, Taguchi M : Gallium tomoscintigraphic imaging of esophageal cancer using emission computed tomography. Kaku Igaku 1983;20:125-34
20. Yui N, Kinoshita F, Koakutsu M, Akiyama Y : Emission computed tomography using gallium-67 citrate in the diagnosis of malignant tumor. Kaku Igaku 1982;19:431-40
21. Yui N, Kinoshita F, Koakutsu M, Akiyama Y, Shimada F : SPECT using gallium-67 citrate in the evaluation of head and neck tumor. Kaku Igaku 1984;21:963-71