

방사선에 의한 폐손상: CT 및 MR 소견

중앙길병원 진단방사선과

황희영 · 박현주 · 한 현 · 양달모 · 김상준 · 정효선 · 김형식 · 이영석

— Abstract —

CT & MR Findings of Radiation-Induced Pulmonary Injury

Hee Young Hwang, M.D., Hyun Joo Park, M.D., Heon Han, M.D., Dal Mo Yang, M.D.,
Sang Joon Kim, M.D., Hyo Sun Chung, M.D., Hyung Sik Kim, M.D., Young Seok Lee, M.D.

Department of Diagnostic Radiology, Joong-Ang Gil General Hospital

We retrospectively analyzed the CT (10 cases) and MR (5 cases) findings in 10 patients with radiation-induced pulmonary injury.

On CT studies, 8 cases showed fibrotic change and 6 of them also showed solid consolidation with bronchiectasis. The differential diagnosis of radiation-induced injury from residual or recurrent tumor was possible on CT studies which was impossible on plain chest radiograph (2 cases) or MR study (1 case).

On MR studies, 4 cases showed solid consolidation with bronchiectasis and fibrosis. The signal intensity was isointense compared with that of the muscle on T1WI (5 cases), and hyperintense on PDWI and T2WI (3 cases). The lesions enhanced well on Gd-DTPA enhanced study (4 cases). The residual or recurrent tumor showed the same signal intensity and degree of enhancement with radiation-induced injury (2 cases).

CT and MR are useful for the evaluation of the anatomic details of the large overlapped area of increased density of the radiation-induced pulmonary injury on plain chest radiograph. But MR study is not superior to CT on the differentiation of the residual or recurrent tumor and radiation-induced injury because the tumor may show the same signal intensity and degree of enhancement with radiation-induced injury.

Index Words: Lung, CT 60.1211

Lung, MR 60.1241

Lung, Radiation injury 60.47

서 론

방사선에 의한 폐렴이나 섬유화 등의 폐손상은 조사야에 폐가 포함된 경우 거의 불가피하며, 단순흉부촬영상 잘 관찰된다(1). 그러나 폐손상의 증가된 밀도로 가려진 부위의 정확한 양상을 알기위하여 CT를 이용하는 경우가 있고(2), 최근에는 MR을 시행하는 경우도 있다. 방사선에 의한 폐손상의 단순흉부촬영과 CT소견에 대한 연구는 있으나(1-3), MR소견에 대한 연구는 드물다(4,

5). 본 연구에서는 방사선에 의한 폐손상의 CT 및 MR 소견을 분석하고, 그 평가에 있어서의 유용성을 찾고자 하였다.

대상 및 방법

흉부에 방사선 치료를 받았던 환자 중, 1990년 1월부터 1992년 5월까지 중앙 길병원에서 CT 혹은 MR을 시행하여 폐손상이 보였던 10명의 환자를 대상으로 하였다.

이 논문은 1992년 11월 3일 접수하여 1992년 12월 23일에 채택되었음.

이중 CT가 8명중 2명에서 추적검사를 시행하여 10례, MR이 5례였다. 진단명은 폐암이 8례였고, 식도암과 흉추에 생긴 척삭종(chordoma)이 각각 1례였다. 방사선 치료를 타병원에서 받은 경우 2례는 받은 시기만을 알 수 있었고 조사선량이나 기종은 알 수 없었으며, 나머지 8례의 경우 사용된 기종은 6MV 선형가속기였고, 선량은 4400~6300cGy 이었다. 사용된 CT 기기는 Siemens Somatom DRH로, 조영증강 후 8mm 간격으로 시행하였다. MR은 0.38T Resonex RX4000을 이용하여, spin echo 방법으로 반복시간(TR) 500-900 msec, 에코 시간(TE) 15-30 msec의 T1강조영상과 TR/TE 1700-1800/75-80 msec의 T2강조영상 및 TR/TE 1700-1800/25-30 msec의 양자농도 강조영상을 얻었고, T2강조영상과 양자농도 강조영상은 3례에서만 횡단영상으로 얻었고, T1강조영상은 5례 모두에서 횡단영상으로 얻었고, 3례에서는 시상영상과 관상면 영상도 얻었다. 또한 4

례에서 Gd-DTPA로 조영증강 후 T1강조 횡단영상을 얻었다. 이상의 CT 10례와 MR 5례의 소견과, 조사후 경과시간에 따른 변화를 후향적으로 분석하였다.

결 과

CT 소견

10례의 CT 소견과 방사선 조사량 및 조사후 경과시간은 Table 1과 같다. 10례 중 변화된 소견이 있었던 8례에서 다양한 정도의 선상의 간질비후 소견으로 나타나는 섬유화성 변화가 있었고(Fig. 1-3), 이중 6례에서는 고형 경결(solid consolidation)과 기관지확장이 동반되었다(Fig. 1-2). 변화가 없었던 2례는 방사선 치료를 끝낸 직후에 시행한 경우였고, 이후 시행한 CT 혹은 MR에서는 방사선에 의한 변화가 관찰되었다. 또한 치료직후에 시행

Table 1. CT Findings of Radiation Induced Pulmonary Changes

Case No.	Months fr. end of RT	Dose (cGY)	Fibrosis	Findings solid C	Bronchiec.
1	0	5400	—	—	—
	7		+	+	+
2	0	6120	—	—	—
3	0	?	+	—	—
	9		+	+	+
4	1	5400	+	+	+
5	2	4500	+	—	—
6	4	4500	+	+	+
7	4	4400	+	+	+
8	5	?	+	+	+

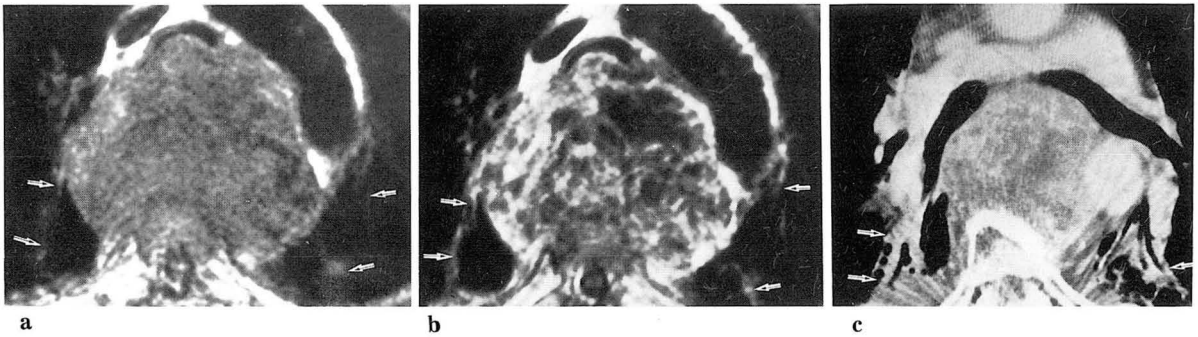


Fig. 1. MRI during and CT 9 months after radiation for thoracic chordoma.
a. Precontrast T1WI (TR/TE 500/20) shows pre-and paravertebral mass with vertebral destruction and minimal fibrotic changes (arrows).
b. Postcontrast T1WI (TR/TE 500/20) shows enhancement of the mass and fibrotic change.
c. CT scan demonstrates solid consolidation with bronchiectatic changes (arrows).

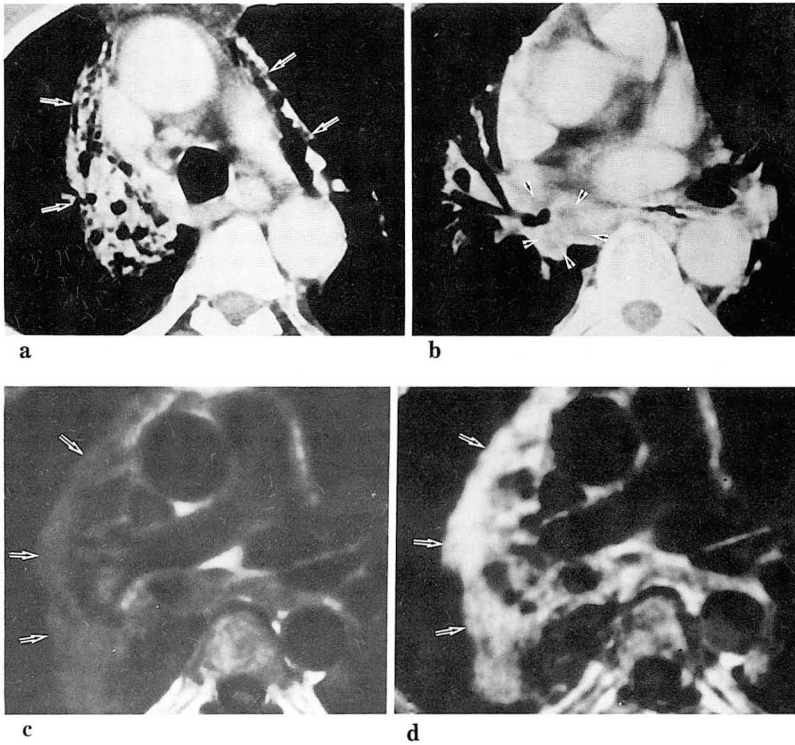


Fig. 2. a-d. CT 1 month after (a & b) radiation. Solid consolidation with bronchiectasis and fibrosis (arrows). Residual tumor shows low attenuation (arrow heads). c-d. MRI at the same time with CT also shows solid consolidation with bronchiectasis (arrows), but the residual tumor cannot be differentiated. The signal intensity of the radiation injury is isointense compared with that of the muscle on TR/TE 500/15 T1WI (c), and hyperintense on TR/TE 1800/75 T2WI, and the lesions enhanced well on Gd-DTPA enhanced study (d).

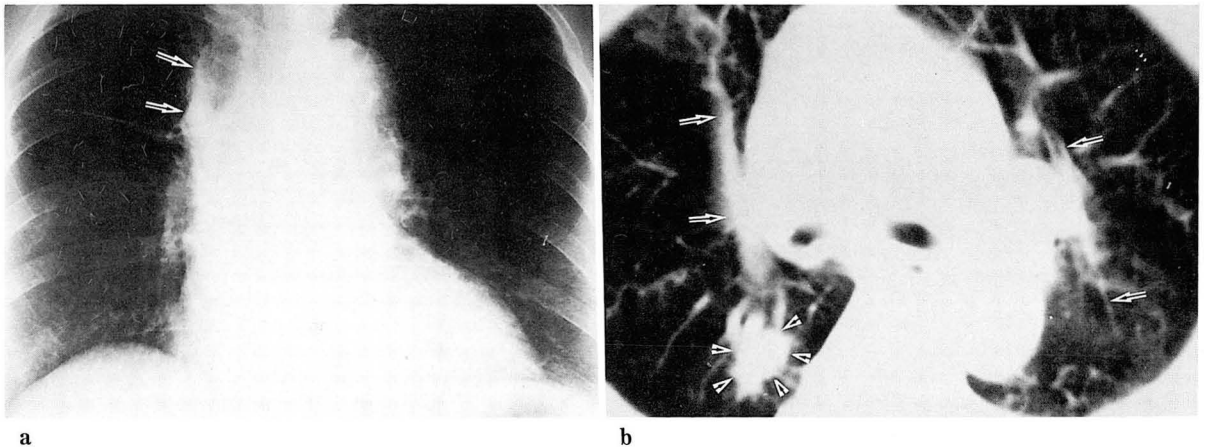
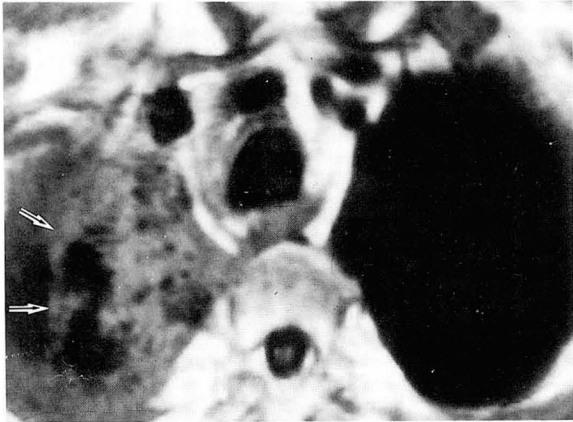


Fig. 3. a. Plain chest radiograph 2 months after radiation shows radiation injury with sharp and straight margin (arrows). b. CT at the same time shows fibrotic changes (arrows) and metastatic nodule (arrowheads), which is not visualized on plain film.

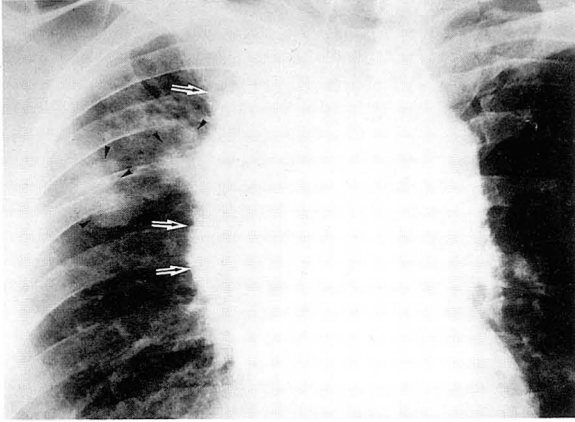
한 CT에서 경미한 섬유화성 변화를 보였으나, 치료후 9개월에 시행한 CT에서는 섬유화성 변화가 심화되고, 고형경결과 기관지확장이 나타난 경우가 1례 있었다. 2례에서는 단순 흉부촬영상 구분할 수 없었던 재발되었거나 남아있는 종양을 CT로 구분할 수 있었고(Fig. 2-3), 이중 1례는 MR에서도 구분할 수 없는 경우였다(Fig. 2).

MR 소견

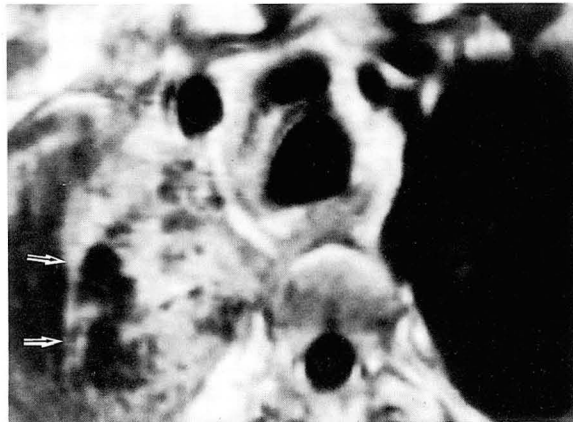
5례의 MR 소견과 방사선 조사량 및 조사후 경과시간은 Table 2과 같다. CT와 마찬가지로 섬유화성 변화, 고형경결 및 기관지확장이 주된 소견으로 4례에서 보였고(Fig. 2,4-5), 방사선 치료중에 시행하였던 1례에서는 경미한 섬유화성 변화를 보였으나, 조사후 9개월에 시행한



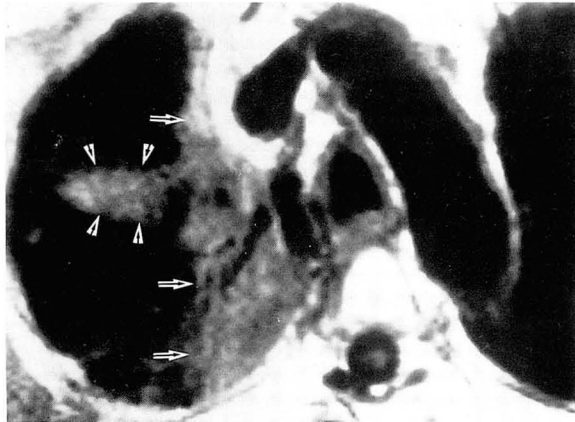
a



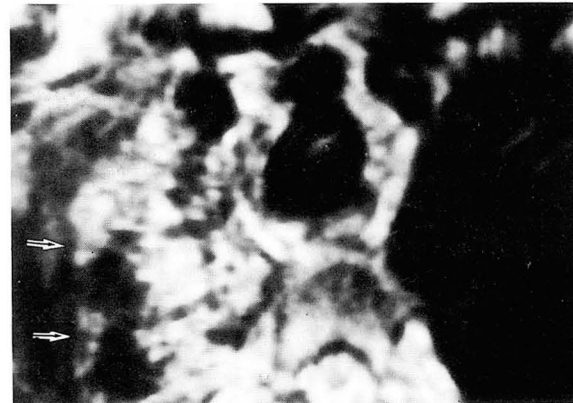
a



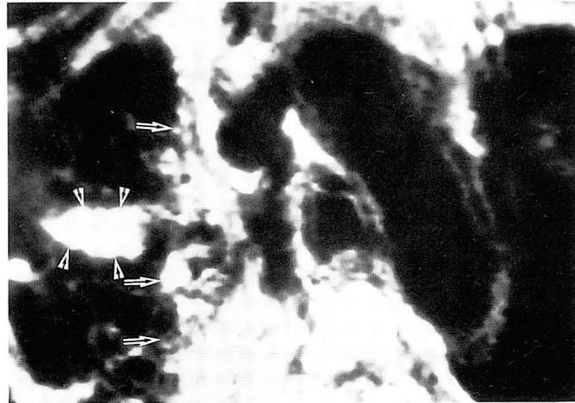
b



b



c



c

Fig. 4. MRI 18 months after radiation shows solid consolidation with bronchiectasis and fibrosis (arrows). The signal intensity is isointense compared with that of the muscle on TR/TE 500/15 T1WI (a), and hyperintense on TR/TE 1700/80 T2WI (c), and the lesions enhanced well on Gd-DTPA enhanced study(b).

Fig. 5. a. Plain chest radiography 14 months after radiation shows radiation injury (arrows) and recurrent tumor (arrowheads). b-e. MRI at the same time shows solid consolidation with bronchiectasis (arrows), recurrent tumors (arrowheads) and pleural effusion. The recurrent tumors show the same signal intensity with radiation-induced injury on TR/TE 500/15 T1WI(b & c) and TR/TE 1800/80 T2WI(d & e).

Table 2. MR Findings of Radiation Induced Pulmonary Changes

Case No. (CT case)	Months fr. end of RT	Dose (cGy)	Signal Intensity			Gd (+)	Findings
			T1WI	PDWI	T2WIc		
1(3)	during	?	iso	ND	ND	well	F
2(4)	1	5400	iso	+	++	well	F,S,B
3	18	6300	iso	+	++	well	F.S.B
4	12	6120	iso	ND	ND	well	F.S.B
5(2)	14	6120	iso	+	++	ND	F.S.B

Note: iso = isointense, + = hyperintense, ++ = marked hyperintense
 than that of the muscle, ND = not done, F = fibrosis,
 S = solid consolidation, B = bronchiectasis

CT에서는 섬유화성 변화가 심화되고, 고형경결과 기관지 확장이 나타난 경우가 1례 있었다(Fig. 1). MR신호강도는 기관지확장과 고형경결을 보인 4례의 경우 T1강조영상에서 근육과 같은 정도로 보였고, T2 및 양자농도 강조영상을 시행한 3례에서는 근육보다 높은 신호강도를 보였으며(Fig. 2,4,5), Gd-DTPA로 조영증강을 시행한 3례에서는 모두 높은 정도의 조영증강을 보였다(Fig. 2,4). 섬유화성변화만을 보인 1례는 T1강조영상에서 근육과 같은 정도로 보였고, T2 및 양자농도 강조영상은 시행하지 않았으며, Gd-DTPA에 높은 정도의 조영증강을 보였다(Fig. 1). 종양이 재발되었거나 남아있는 경우가 2례 있었는데, 방사선 조사에 의한 변화와 같은 정도의 신호강도와 조영증강을 보여, MR상으로 신호강도나 조영증강의 정도로는 종양과 방사선에 의한 폐손상간의 구분이 되지 않았다(Fig. 2,5).

고 찰

방사선에 의한 폐손상의 기전은 다른 조직에서와 같이 모세혈관 내피세포의 손상이 그 주요 원인으로 알려져 있지만, 다른 조직과는 달리 Type II 폐세포(pneumocyte)의 손상이 주요한 역할을 하는 것으로 보고되고 있다(1). 또한 손상된 조직에 대한 자가면역반응이 원인이 된다는 보고도 있다(1, 7). 폐손상의 정도는 방사선량, 치료범위, 치료종료 후 시간경과 및 개인차에 따라 다르며, 단순흉부촬영에서 방사선량이 3000cGy이하인 경우는 방사선폐렴은 드물게 보이며, 3000~4000cGy인 경우는 변동적이며, 4000cGy이상인 경우는 거의 항상 보이는 것으로 알려져 있다(3). 4000cGy에서 4~6주면 방사선 폐렴이 일어나며, 1000cGy가 추가될 때마다 1주씩 앞당

겨지고, 화학요법이나 폐질환이 있는 경우 반응이 일찍 일어나는 것으로 알려져 있다(2). 시간경과에 따른 변화로는 삼출성 시기가 0~40일, 기질화 시기가 21~60일, 섬유화 시기가 60~200일 정도로 알려져 있다(2).

방사선에 의한 폐손상의 CT소견에 대하여, 1988년 송 등은 21례의 CT소견에서 초기 소견인 폐포성 경결 및 부분적 섬유화성 변화, 그 이후에 오는 전면적 섬유화성 변화, 무기폐, 기관지확장 등의 소견과 늑막삼출과 심낭 삼출의 소견들을 기술하고, 가장 많았던 소견으로 섬유화성 변화를 들었다(2). 한편 1984년 Libshitz 등은 53례의 CT소견을 분석하여 1) 경미한 방사선 폐렴의 소견으로 생각되는 균질하게 약간 증가된 음영을 보인 경우, 2) 단순흉부촬영상 방사선 폐렴과 일치하는 반상의(patchy) 경결을 보인 경우, 3) 방사선 폐렴이 방사선 섬유화로 이행되어가는 소견, 혹은 비교적 낮은 조사량으로 불완전하게 수축된 방사선 섬유화의 소견으로 생각되는 방사선 조사야에 균일하게 분포되지 않은 불연속(discrete) 경결을 보인 경우, 4) 방사선 섬유화의 소견으로 생각되는 방사선 조사야에 균일하게 분포하면서 기관지확장을 동반하는 고형경결을 보이는 경우의 4가지 유형으로 분류하여 기술하였다(3). 본 연구에서는 제한된 증례와 CT시행 시기가 다양하지 못하여 CT소견도 기관지확장을 동반한 무기폐 혹은 고형경결에 해당하는 경우가 10례중 6례였고, 부분적 섬유화성 변화 혹은 불연속 경결에 해당하는 경우가 2례일 뿐 그밖의 소견을 보인 경우는 없었다. 송 등의 연구에서 기관지확장을 동반한 무기폐를 보인 시기는 4~5년, 부분적 섬유화성 변화를 보인 시기는 0~10개월이었 고(2), Libshitz 등의 연구에서는 고형경결과 불연속 경결을 보인 시기는 각각 방사선 치료 종료 후 5^{3/4}개월 ~13^{5/6}년과 11주~10^{5/6}년 이었는데(3), 본 연구에서는 각각 1~9개월과 0~2개월로 기관지확장을 동반한 무기

폐 혹은 고형경결이 다른 보고자들의 연구결과보다 빨리 나타나는 경향을 보였다.

MR소견도 CT와 마찬가지로 기관지확장을 동반한 무기폐 혹은 고형경결을 보인 경우가 5례중 4례, 부분적 섬유화성 변화 혹은 불연속 경결을 보인 경우가 1례 있었고 각각의 시기는 1~18개월과 방사선 치료를 하는 도중이었다. 본 연구에서 MR신호강도는 T1강조영상에서 근육과 같은 정도였고, T2강조영상에서는 증가되었으며, 높은 정도의 조영증강을 보였다. 또한 종양이 재발되었거나 남아있는 경우, 방사선 조사에 의한 변화와 같은 정도의 신호강도와 조영증강을 보여, MR상으로 신호강도나 조영증강의 정도로는 종양과 방사선에 의한 폐손상간의 구분이 되지 않았다. Glazer 등은 MR상 방사선 섬유화와 재발된 종양의 감별에 대한 연구에서(4), T2강조영상에서 방사선 섬유화는 근육과 마찬가지로 낮은 신호강도를 보이는 반면, 종양은 높은 신호강도를 보여 이들의 감별에 T2강조영상이 도움이 되나, 신체의 다른 부위와는 달리 폐의 급성 방사선 폐렴과 심지어는 방사선 섬유화도 T2강조영상에서 높은 신호강도를 보일 수 있어 폐에서는 MR상 이들의 감별이 어렵다고 기술하였다. 이같은 소견에 대해 Glazer등은 방사선에 대한 폐의 반응이 신체의 다른부위와 다르기 때문일 것이라는 가설을 제시했다(4).

Werthmuller 등은 Gd-DTPA에 의해 조영증강을 보인 폐의 방사선 섬유화 2례를 보고하면서(5), 방사선 섬유화가 조영증강을 보일 수 있기 때문에 조영증강의 소견만으로는 종양과의 감별이 되지 못할 것이라고 기술했다. 또한 그중 1례는 T2강조영상에서 높은 신호강도를 보였는데, 이것은 설명하기 어려운 소견이라면서, 폐의 방사선 섬유화가 단순히 교원질(collagen)만으로 이루어진 것이 아닐 것이며, '위의 폐에 대한 방사선 조사에 대한 실험에서 방사선 조사후 26주후의 폐는 섬유모세포(fibroblast) 뿐만 아니라, 많은 수의 형질세포(plasma cell)와 비만세포(mast cell)로 구성되어 있었고 이들 세포가 섬유모세포의 증식을 조장할 것'이라는 논문(6)을 인용하여, 인간에서도 비슷한 상황이고 이들 세포의 침윤이 수년간 지속된다면, T2이완시간이 길어질 수 있을 것이라는 가설을 제시했다(5). 유감스럽게도 본 연구에서는 병리조직학적인 확인이 되어진 경우가 없어서 MR신호강도에 대한 규명은 할 수 없었고, 앞으로 이의 규명을 위해서는 병리조직소견과의 비교연구가 필요하리라고 사료된다.

종양이 재발되었거나 남아있는 경우, 단순흉부촬영보다는 CT나 MR이 정확하다는 것은 잘 알려진 사실이고(2), 본 연구에서도 단순흉부촬영상 구분할 수 없었던 종

양을 CT로 구분할 수 있었던 경우가 2례 있었다. 이중 1례는 MR에서는 구분할 수 없었는데, 종양과 방사선에 의한 폐손상이 같은 신호강도와 조영증강을 보였기 때문이었다. 따라서 신체의 다른부위와 달리 폐에서는 종양과 방사선에 의한 폐손상의 감별에 있어 CT가 MR보다 우월하였다.

요약하면 방사선에 의한 폐손상의 주된소견은 섬유화성 변화, 고형경결 및 기관지확장이었고, MR신호강도는 T1강조영상에서 근육과 같은 정도, T2 및 양자농도 강조영상에서는 근육보다 높은 신호강도를 보였으며, Gd-DTPA에 의해 높은 정도의 조영증강을 보였다. 종양이 재발되었거나 남아있는 경우, 방사선 조사에 의한 변화와 같은 정도의 신호강도와 조영증강을 보여, MR상으로 신호강도나 조영증강의 정도로는 종양과 방사선에 의한 폐손상간의 구분이 되지 않았다. 결론적으로 방사선에 의한 폐손상의 평가에 있어서 단순흉부촬영보다는 CT나 MR이 우월하나, 신체의 다른부위와 달리 폐에서는 종양과 방사선에 의한 폐손상의 감별에 있어 CT가 MR보다 우월하였다. 앞으로 보다 많은 증례에 대한 비교분석과 MR신호강도에 대한 병리조직학적 규명이 필요하리라고 사료된다.

참 고 문 헌

1. 김승협, 박재형, 연경모, 박찬일. 방사선 폐렴에 대한 고찰. 대한방사선의학회지 1983 ; 19 : 72-77
2. 송치성, 조우호, 임정기. 방사선에 의한 폐손상의 전산화단층촬영 소견. 대한방사선의학회지. 1988 ; 24 : 253-258
3. Libshitz HI, Shuman LS. Radiation-induced pulmonary change:CT findings. J Comput Assist Tomogr 1984; 8:15-19
4. Glazer HS, Lee JKT, Levitt RG. et al. Radiation fibrosis: differentiation from recurrent tumor by MR imaging. Radiology 1985; 156:721-726
5. Werthmuller WC, Schiebler ML, Whaley RA, Mauro MA, McCartney WH. Gadolinium-DTPA enhancement of lung radiation fibrosis. J Comput Assist Tomogr 1989; 13:946-948
6. Vergara JA, Raymond-U, Thet LA. Changes in lung morphology and cell number in radiation pneumonitis and fibrosis: a quantitative ultrastructural study. Intl J Radiat Oncol Biol Phys 1987; 13:723-732
7. Roswit B, White DC. Severe radiation injuries of the lung. AJR 1977; 129:127-136