

방사선 폐손상의 방사선학적 소견

영남대학교 의과대학 진단방사선과학교실, 방사선종양학교실*

이재교 · 노병학 · 장재천 · 김명세*

Imaging Feature of Radiation Induced Lung Disease

Jae Gyo Lee, Byeung Hak Rho, Jae Chun Chang

Department of Radiology

College of Medicine, Yeungnam University, Taegu, Korea

Myung Se Kim*

*Department of Therapeutic Radiology and Oncology**

College of Medicine, Yeungnam University, Taegu, Korea

- Abstract -

Background and Purpose: Radioopaque lesions are commonly seen in patients who received thoracic radiotherapy for various kinds of thoracic neoplasm, but their exact diagnosis are sometimes uncertain.

Patients and Methods: We examined simple chest radiograph and computed tomogram (CT) of 69 patients who received thoracic radiotherapy for lung cancer and were followed up at least 6 months in Yeungnam University Medical Center.

Results: Of the 69 patients, thirty-eight patients showed radioopaque lesions in their chest radiographs except radiation fibrosis: radiation pneumonitis was witnessed in 24 patients, infectious pneumonia in 8 patients, and recurrence in 6 patients. In radiation pneumonitis patients, the pneumonitis occurred usually between 50 to 130 days after receiving radiation therapy, and interval between pneumonitis and fibrosis is 21 to 104 days. Simple chest radiographs of radiation pneumonitis (24 patients) represented ground glass opacities or consolidation in 4 cases (type I, 17%), reticular or reticulonodular opacities in 10 cases (type II, 42%), irregular patchy consolidations in 2 cases (type III, 8%), and consolidation with fibrosis in 8 cases (type IV, 33%). CT represented ground glass opacities or consolidation in 5 cases (type I, 29%), irregular nodular opacities in 3 cases (type II, 18%), irregular opacity beyond radiation fields in 3 cases (type III, 18%), and consolidation with fibrosis in 6 cases (type IV, 35%). The CT of four patients who represented type II on simple chest radiographs revealed type I and III, and CT of two patients with clinical symptoms who had no abnormal finding on simple radiograph revealed type I.

Conclusions: In conclusion, computed tomogram is superior to the simple radiograph when trying to understand the pathologic process of radiation pneumonitis and provide confidence in the diagnosis of radiation induced lung disease.

Key Words: Radiation pneumonitis, Lung neoplasms, Radiology

서 론

흉부에 방사선 치료를 받은 환자의 추적 폐 단순 촬영상 국소성 혹은 미만성 폐음영 증가를 자주 볼 수 있는데 이들의 감별진단으로는 방사선 폐렴 혹은 섬유화, 국소 재발, 임파선 폐전이, 및 폐감염 등이 있다(Libshitz와 Shuman, 1984; Pagani와 Libshitz, 1982). 이때 폐음영 증가의 모양과 분포는 각각의 질환에 따라 다양하게 보일 수 있고, 또한 방사선 폐렴의 경우에도 방사선 조사의 방법에 따라 달라질 수 있어(Park 등, 2000) 정확한 진단이 어려운 경우가 가끔 발생하게 된다. 특히 방사선 폐렴은 흉부 방사선 치료의 흔한 합병증으로(Ikezoe 등, 1988), 방사선 조사 범위 내에 폐가 포함된 경우 거

의 불가피한 것으로 보고되나(김승협 등, 1983), 그 발생 빈도에 대한 연구는 드물다. 이에 본 저자 등은 폐암으로 방사선치료 후 발생하는 방사선 폐렴의 발생 빈도와 특징을 조사하여 동반될 수 있는 다른 질환들과의 감별에 도움을 얻고자 하였다.

대상 및 방법

1998년 1월부터 1999년 3월 사이에 영남대학교 의과대학 부속병원 방사선종양학과에서 방사선치료를 시행한 폐암 환자는 121명으로 이 중 방사선 치료 시작 후 6개월 이상 추적 흉부 단순 촬영 혹은 전산화 단층촬영을 시행한 69명을 대상으로 하였다.

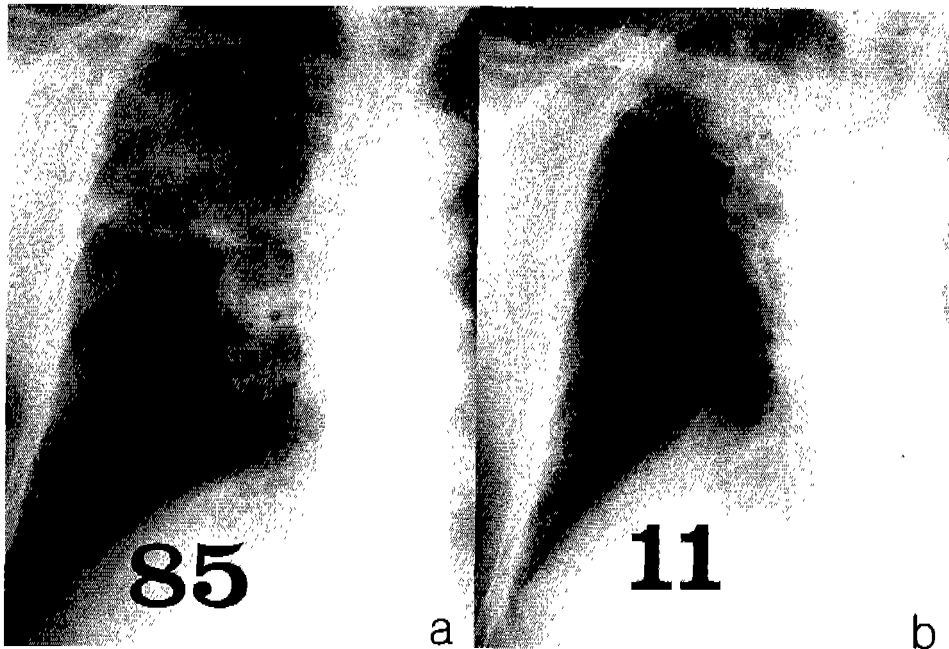


Fig. 1. Serial chest PA of 74-year-old male with adenocarcinoma at right upper lobe.
a: 85 days after radiation therapy, ground-glass opacity to consolidation on radiation field occurred.
b: After 11 days, marked parenchymal fibrosis is produced.

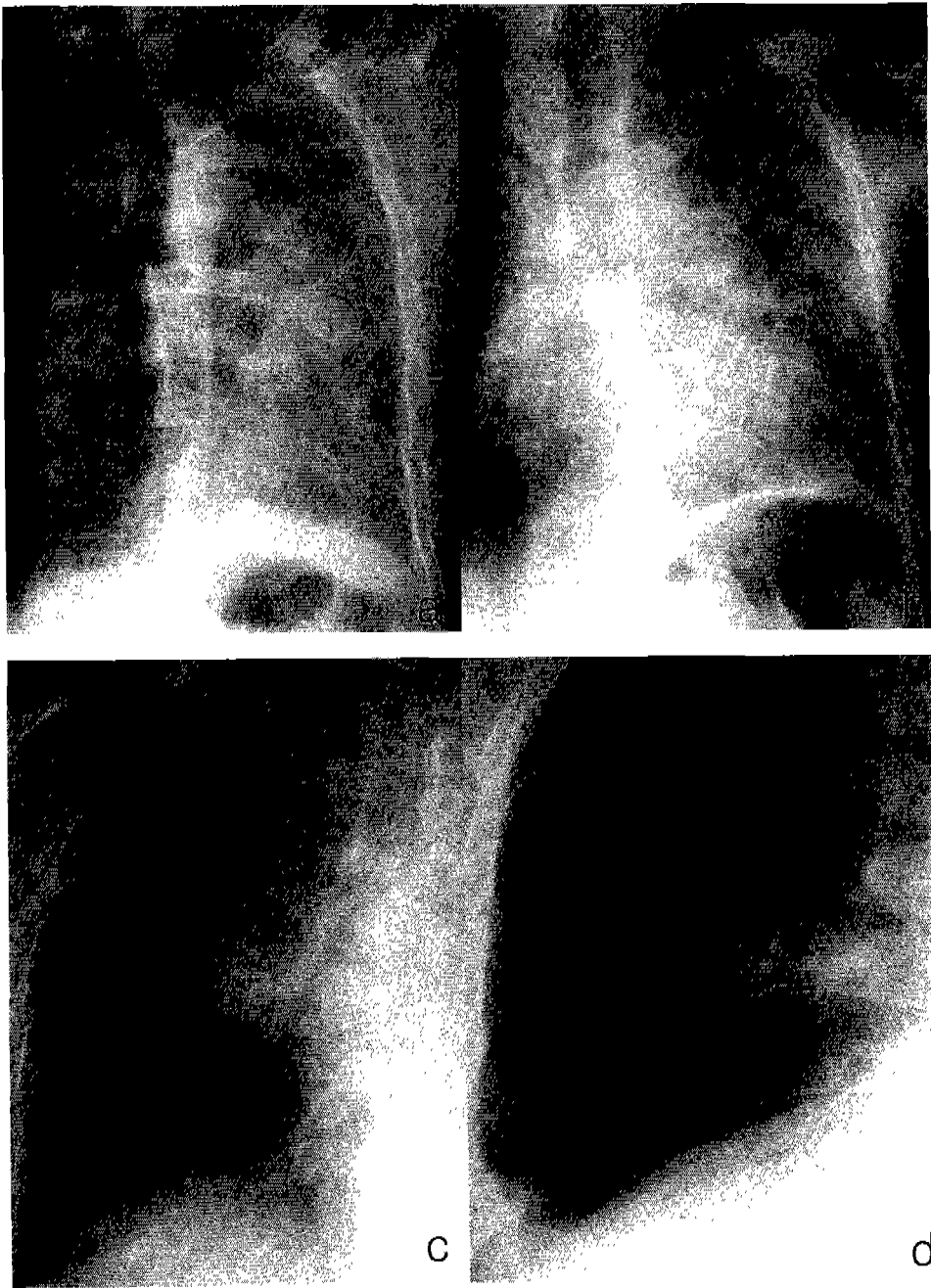


Fig. 2. Four types of radiation pneumonitis on simple chest radiograph.

- a: Diffuse ground-glass opacity is seen on left hemithorax which masks large central lung mass(type I).
- b: Reticulonodular opacity at entire left hemithorax and right paraspinal area along radiation field is seen(type II).
- c: Discrete parenchymal consolidation is seen at right upper lung field. Multiple patchy nodular consolidations are also seen at right lower lung field which is not included in radiation field(type III).
- d: Dense consolidation with parenchymal fibrosis is seen at right infrahilar area with volume loss(type IV).

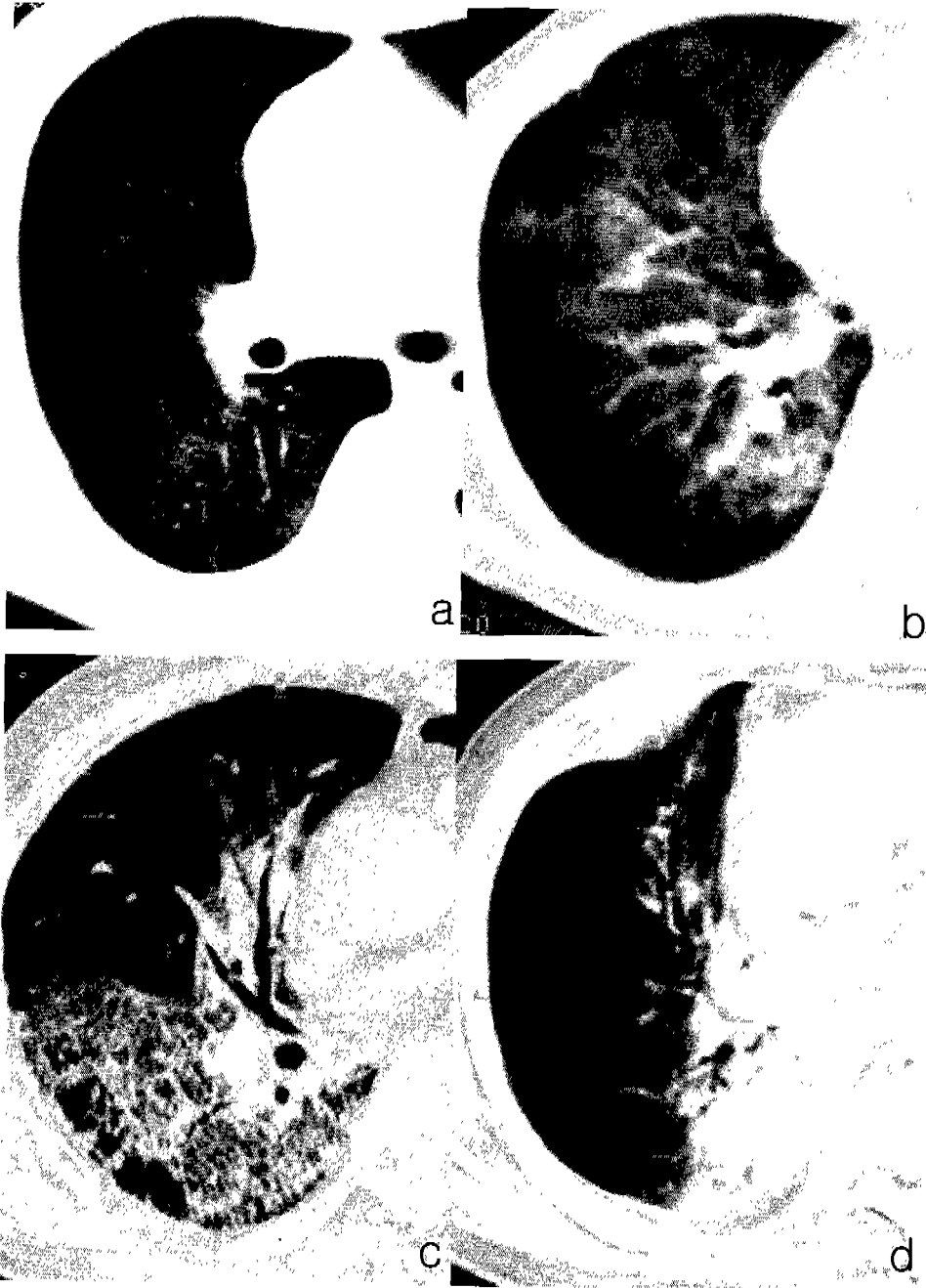


Fig. 3. Four types of radiation pneumonitis on computed tomogram.

- a: Diffuse ground-glass opacity is seen at right middle and lower lobe which represents early feature of radiation pneumonitis(type I).
- b: Multiple patchy nodular consolidations are seen at right middle and lower lobe which represent active alveolar inflammatory consolidation(type II).
- c: Irregular consolidation, prominent interstitial thickening, and inner bronchiectasis are demonstrated on right middle and lower lobe which represent processing of parenchymal fibrosis with vasculitis which is not confined within radiation field(type III).
- d: Dense parenchymal consolidation with fibrosis along right paraspinal area which represent radiation field(type IV).

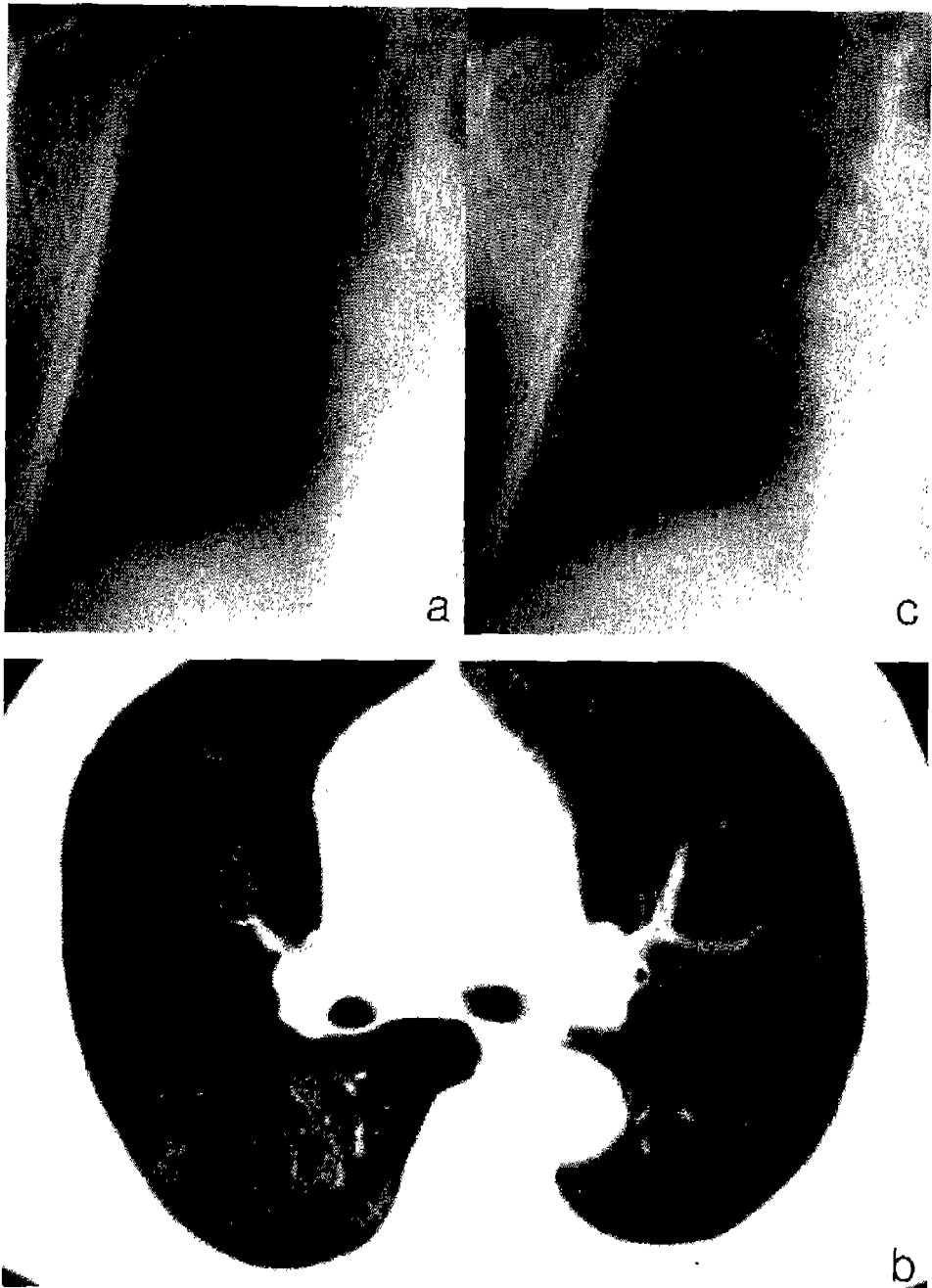


Fig. 4. 65-year-old male with squamous cell carcinoma at right upper lobe who represent mild chest discomfort and non-productive cough for several days.

- a. 1 days before CT exam, chest radiograph shows right upper lung mass, but parenchymal infiltration is uncertain.
- b. On following CT scan represent faintly visible ground-glass opacity at right middle, lower, and left upper lobe.
- c. 4 days after CT exam, ground-glass opacity is occurred at right upper lung field and right lower paraspinous area.

성별은 남자 51명, 여자 18명이었으며 연령분포는 41세에서 75세까지로 평균 61세이었고, 조직학적으로 편평상피세포암이 33례, 선암이 20례, 소세포암이 11례 이었고 조직학적 진단이 없었던 경우가 5례이었다.

방사선 치료는 원발 폐암부위와 인접 종격동 림프절을 포함하여 10MV X-ray선형가속기를 이용하여 1일 180 cGy씩 총 5400-7020 cGy를 분할조사 하였고, 조사횟수는 30-40회, 총 치료 기간은 6-8주였다.

대상환자 69명 중 추적 검사에서 방사선비투과성 병변의 발생여부를 조사하였고, 임상 기록과 방사선 조사기록을 참조하여 병변을 분류하였다. 방사선비투과성 병변이 방사선 조사 범위 내에 위치하고, 방사선치료 도중 발생하지 않으며, 추적 검사에서 방사선 섬유화를 보이며, 임상증상이 없거나 경한 경우 방사선폐렴으로 진단하였다.

방사선폐렴으로 진단된 경우 방사선치료 시작 후 병변의 발생기간 및 그 후 섬유화로의 진행기간 등을 살펴보고, 방사선학적으로 단순촬영에서는 간유리 혹은 폐경결(I형), 결절을 동반한 선상음영(II형), 불규칙한 결절성음영(III형), 및 섬유화를 동반한 폐경결(IV형)로 구분하였고, 전산화 단층촬영에서는 간유리 음영 혹은 균질성 폐경결(I형), 방사선 조사범위의 불규칙한 폐경결(II형), 방사선 조사 범위를 넘어선 경계가 불분명한 폐경결(III형), 섬유화를 동반한 방사선 조사 범위의 폐경결(IV형) 등으로 분류하였다(Fennessy, 1987).

성 적

대상 환자 69명 중 추적 검사에서 방사선 폐 섬유화로 확인되는 병변(22례, 32%)을 제외한 방사선 비 투과성 병변이 발생한 경우는 38명(55%)이었고, 이 중 방사선폐렴은 24명, 폐렴은 8명, 재발 6명이었다. 6개월 이상의 추적검사에도 폐 섬유화를 보이지 않은 증례도 5례(7%)나 있었다.

방사선폐렴을 보인 경우 발생기간은 최초 방사선 치료일로부터 50일에서 130일(평균: 89.5일)이었고, 이후 섬유화로의 진행기간은 21일에서 104일(평균: 63일)이었다(그림 1). 방사선학적 소견으로

단순촬영(24례)에서는 결절을 동반한 선상음영(II형: 10례, 42%) 및 섬유화를 동반한 폐경결(IV형: 8례, 33%)이 많았고, 간유리 음영 혹은 폐경결(I형: 4례, 17%)과 불규칙한 결절성 음영(III형: 2례, 8%)은 드물게 보였다(그림 2). 전산화 단층촬영(17례)에서는 간유리 음영 혹은 균질성 폐경결이 5례(29%), 방사선 조사범위의 불규칙한 폐경결이 3례(18%), 방사선 조사 범위를 넘어선 경계가 불분명한 폐경결이 3례(18%), 그리고 섬유화를 동반한 방사선 조사 범위의 폐경결이 6례(35%)였다(그림 3). 단순촬영상 II형을 보였던 4증례는 단층촬영에서 각각 2례씩 I형 및 III형으로 보였고, 단순촬영에서는 병변의 유무를 잘 알 수 없이 임상 증상만을 보였던 2례는 전산화 단층촬영에서 I형의 소견을 보여(그림 4) 단순 촬영에 비해 전산화 단층촬영이 병변의 모양이나 범위를 더 잘 알 수 있었다.

고 찰

방사선 폐렴은 흉부 방사선 조사에 의해 발생하는 심각한 부작용이다. 방사선 폐렴에 관한 보고는 Groover 등(1922)이 방사선 조사로 인한 폐손상의 임상적, 병리적, 방사선학적 소견을 처음으로 보고한 이래 많은 연구가 이루어져 오고 있다.

임상적으로 방사선에 의한 폐손상은 조기의 일시적인 방사선 늑막폐렴과 후기의 만성 방사선 섬유화로 나눌 수 있으며(Evans와 Leucutia, 1925), Chu 등(1955)에 의해 조기증상을 지금은 방사선 폐렴으로 언급되어지고 있다. 방사선 폐렴은 대개 방사선치료 후 약 4-12주 후에 나타나며, 호흡곤란, 기침, 미열 그리고 흉부 불쾌를 호소하며, 일반적으로 수주 내에 저절로 호전되나, 일부에서는 전격적인 경과를 보이기도 한다(Davis 등, 1992). 저자들의 증례도 치료시작후 방사선 폐렴의 발생기간은 50일에서 130일로써 평균 89.5일(12.8주)을 보였으며, 임상적인 증상도 상기 증상이 주를 이루었으며, 고열은 동반되지 않는 반면, 세균성 폐렴은 고열과 백혈구증가를 동반하였다.

병리학적 소견으로 방사선에 의한 폐손상은 급성 삼출성 시기, 기질화 시기 그리고 섬유화시기로 나

눌 수 있으며(Katzenstein과 Askin, 1990; Davis 등, 1992), 급성 삼출성 시기에는 모세혈관 내피세포, 폐포 외피세포의 부종, 공포, 모세혈관의 울혈과 혈전 등이 일어나고, 그로 인해 단백질이 풍부한 액체가 모세혈관에서 간질과 폐포로 이동하며(Fennessy, 1987; Davis 등, 1992), 폐포 내에는 탈락된 외피세포, 섬유소가 풍부한 삼출액, 대식세포로 구성된 유리질막이 형성되며, type II pneumocyte 등의 증식과 비정형화를 보인다. 기질화 시기에는 폐포 내 삼출액의 점차적인 기질화, 간질 비후가 일어나며(Jennings와 Arden, 1962; Roswit와 White, 1977), 초기의 영향이 심하거나, 길수록 회복은 덜 일어난다(Roswit와 White, 1977). 마지막으로 섬유화 시기에는 만성적인 섬유화가 점차적으로 일어나는데, 폐포를 둘러싸는 유리질막과 비정형 적인 세포는 더 이상 보이지 않으며, 섬유성 조직의 축적으로 인한 간질 비후가 발생하여(Jennings와 Arden, 1962; Roswit와 White, 1977) 결국 폐포낭은 허탈 되고 거의 막히게 된다. 또한 방사선의 직접적인 영향으로 기관지 점막의 국소적 괴사, 점액 생산 증가, 외피세포의 탈락 그리고 편평세포로의 이 형성이 일어난다(Gross, 1977). 폐손상의 정도는 여러 가지 요인이 작용된다고 알려져 있는데, 조사선량, 치료범위, 분할조사 횟수, 치료 후 병변이 나타나기까지의 기간, 총 치료기간, 동반된 폐질환, 화학요법, 개인의 감수성이 연관되어 있으며(Gross, 1977; Roswit와 White, 1977), 단순흉부촬영에서 방사선량이 30 Gy이하인 경우는 방사선 폐렴은 드물게 보이며, 30-40 Gy인 경우는 변동 적이고, 40 Gy이상인 경우는 거의 항상 보이는 것으로 알려져 있다(Libshitz와 Shuman, 1984). 또한 10 Gy가 추가될 때마다 1주씩 앞당겨지고, 화학요법이나 폐 질환이 있는 경우 반응이 일찍 일어나는 것으로 알려져 있으나(송치성 등, 1988), 저자들의 증례에선 7주간 방사선을 조사 받은 군(93.6일)과 8주간 조사 받은 군(90.3일) 사이에 발생기간에 있어 통계적 유의성은 없었다.

방사선학적으로 단순흉부촬영에서 방사선 폐렴의 조기변화는 혈관주위에 경계가 불분명한 희미하게 증가된 음영에서부터 반점 혹은 균일한 경화형까지 다양하게 나타나고 이후에 발생하는 방사선 섬유화는 치료 후 9-12개월 후 입증되며, 조사야에 좀 더

뚜렷한 선상음영, 부피 감소, 기관지확장증 그리고 흉막 비후 등의 소견을 볼 수 있으며, 드물게 중심 폐혈관이 수축되어 한쪽 폐가 과 투과되어 보일 수도 있다(Davis 등, 1992; 박정미 등, 1994). 즉 방사선에 의한 폐손상은 시기에 따라 초기에는 방사선 조사야에 간유리 혹은 미약한 폐경결을 보이다가 동반된 혈관 손상에 의해 폐무종을 의미하는 간질성 음영이 나타나고 시간이 지남에 따라 섬유화를 동반하는 폐경결로 이행하는 것을 알 수 있다. 본 증례에서 단순 흉부촬영 상 방사선 폐렴의 발생은 69례 중 24례(35%)에서만 보였고, 이는 40 Gy 이상 방사선 조사를 시행한 환자에서는 모든 예에서 방사선 폐손상이 발생하는 것으로 보고하는 것과 맞지 않는 소견이다. 즉 대부분의 증례에서 방사선 폐 섬유화를 보이지만 방사선 폐렴을 보이지는 않음을 알 수 있고 Fennessy(1987)의 발표에서는 임상증상을 보이는 경우에는 대부분 단순촬영에서 방사선 폐렴이 보이는 것으로 되어 있으나, 방사선 폐렴의 발생빈도에 관한 연구는 드물다. 본 연구에서 방사선 폐렴의 단순촬영 소견은 선상음영 혹은 불규칙한 결절성 폐경결을 동반한 선상음영이 주로 조사 범위 내에 국한되어 보이거나(II형) 혹은 이미 섬유화 단계로 진행되는 폐경결(IV형) 양상이 많았다. 즉 단순촬영은 비 특이적인 폐렴 양상의 방사선 폐렴 초기 양상과 이미 폐 섬유화로 이행되는 시기의 양극화된 정보를 제공한다고 볼 수 있다. 이는 초기 방사선 폐렴의 단순촬영 소견은 동반될 수 있는 염증성 폐렴이나 림프성 전이와 구별이 어렵고 Fennessy(1987)도 구별이 어렵거나 혹은 불가능하고 기술하고 있다. 그러나 염증성 폐렴의 경우 방사선 조사야 외측에 분포하는 예가 많아 감별 진단에 도움을 얻을 수 있다.

방사선에 의한 폐손상의 전산화 단층촬영 소견은 Libshitz와 Shuman(1984)이 53례의 CT소견을 분석하여 1)경미한 방사선 폐렴의 소견으로, 방사선 조사야에 국한되어 균질하게 음영증가를 보인 경우, 2)조사된 폐 내에 반점성 경화를 보인 경우, 3)방사선 폐렴이 방사선 섬유화로 이행되는 기질화 시기의 소견으로, 조사야에 균일하게 분포되지 않는 불연속 경화를 보인 경우, 4)방사선 섬유화의 소견으로, 조사야에 균일하게 분포하면서 기관지확장을 동반하는 고형경화를 보이는 경우 등 시기에 따라 4가지 유형

으로 분류하여 기술하였다. 이는 전산화 단층촬영 검사가 방사선 폐렴의 시기별 특징을 더 잘 설명할 수 있고 따라서 방사선 조사의 과거력을 참조하면 동반될 수 있는 다른 질환과의 감별에도 도움을 얻을 수 있을 것으로 생각된다. 본 증례에서 전산화 단층촬영 소견은 I형에서 IV형까지 다양하게 보였고 단순촬영에서 II형을 보였던 4증례가 단층촬영에서 각각 2례씩 I형과 III형으로 보였다. 이는 단순촬영에서 간질성 비후를 시사하는 선상음영(II형)이 단층촬영에서는 간질성 비후를 보이지만 전반적인 폐포의 병변을 시사하는 간유리 음영이나 폐경결을 주된 소견으로 보여 방사선 폐렴의 폐 침윤은 폐포 주위의 미세 혈관 손상에 의한 폐포 침윤이 주된 병변이고, 이와 동반된 폐부종을 시사하는 간질성 음영을 보이는 것으로 생각하였다. 따라서 폐부종의 정도에 따라 방사선 조사야 외측까지 간질성 혹은 불규칙한 결절성 폐경결이(III형) 보이기도 한다. 그리고 두 증례에서는 단순촬영에서 폐 침윤을 확실히 알 수 없었으나 전산화 단층촬영에서 초기 방사선 폐렴을 시사하는 I형의 폐 침윤을 보여 단층촬영은 증상만을 보이는 초기 방사선 폐렴 환자의 진단에 도움을 줄 수 있을 것으로 생각한다.

결론적으로 방사선 폐렴은 방사선치료 후 10주 경에 방사선 조사부위에 간유리 음영 혹은 폐경결을 보이고 시간이 경과하면 방사선 조사 외측으로 폐 조직의 기질화에 의한 광범위하고 불규칙한 폐경결 양상을 보인 후 섬유화의 과정을 거치는 것을 알 수 있고, 이러한 과정은 전산화 단층촬영을 통하여 다른 질환과의 감별에 도움을 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

요 약

1998년 1월부터 1999년 3월 사이에 방사선치료를 시행한 폐암 환자 중 6개월 이상 추적검사를 시행한 69명을 대상으로 방사선 비 투과성 병변을 조사하였다.

대상 환자 69명 중 추적 검사에서 방사선 폐 섬유화로 확인되는 병변을 제외한 방사선 비 투과성 병변이 발생한 경우는 38명이었고, 이 중 방사선 폐렴은 24명, 폐렴은 8명, 재발 6명이었다. 6개월 이

상의 추적검사에도 폐 섬유화를 보이지 않은 증례도 5례나 있었다.

방사선폐렴을 보인 경우 발생기간은 최초 방사선 치료일로부터 50일에서 130일이었고, 이후 섬유화로의 진행기간은 21일에서 104일이었다. 방사선학적 소견으로 단순촬영(24례)에서는 결절을 동반한 선상음영(II형: 10례, 42%) 및 섬유화를 동반한 폐경결(IV형: 8례, 33%)이 많았고, 간유리 음영 혹은 폐경결(I형: 4례, 17%)과 불규칙한 결절성 음영(III형: 2례, 8%)은 드물게 보였다. 전산화 단층촬영(17례)에서는 간유리 음영 혹은 균질성 폐경결이 5례(29%), 방사선 조사범위의 불규칙한 폐경결이 3례(18%), 방사선 조사 범위를 넘어선 경계가 불분명한 폐경결이 3례(18%), 그리고 섬유화를 동반한 방사선 조사 범위의 폐경결이 6례(35%)였다. 단순촬영상 II형을 보였던 4증례는 단층촬영에서 각각 2례씩 I형 및 III형으로 보였고, 단순촬영에서는 병변의 유무를 잘 알 수 없이 임상 증상만을 보였던 2례는 전산화 단층촬영에서 I형의 소견을 보여 단순촬영에 비해 전산화 단층촬영이 방사선 폐렴의 병리학적 진행과정을 이해하는데 도움을 줄 것으로 생각한다.

참 고 문 헌

- 김승협, 박재형, 연경도, 박찬일: 방사선 폐렴에 대한 고찰. 대한방사선의학회지 19: 72-77, 1983.
- 박정미, 박석희, 정수미, 최일봉, 한성태, 김춘열, 신경선: 방사선 조사에 의한 급성 폐손상의 흉부 X선 소견. 대한방사선의학회지 30: 91-96, 1994.
- 송치성, 조우호, 임정기: 방사선에 의한 폐손상의 전산화단층촬영 소견. 대한방사선의학회지 24: 253-258, 1988.
- Chu FCH, Phillips R, Nickson JJ, McPhee JG: Pneumonitis following radiation therapy of cancer of the breast by tangential technique. Radiology 64: 642-653, 1955.
- Davis SD, Yankelevitz DF, Henschke CI: Radiation effects on the lung: clinical features, pathology, and imaging findings. AJR 159: 1157-1164, 1992.
- Evans WA, Leucutia T: Intrathoracic changes induced by heavy radiation. AJR 13: 203-220, 1925.

- Fennessy JJ: Irradiation damage to the lung. *J Thorac Imaging* 2: 68-79, 1987.
- Groover TA, Christie AC, Merritt EA: Intrathoracic changes following roentgen treatment of breast carcinoma. *AJR* 10: 471-476, 1922.
- Gross NJ: Pulmonary effects of radiation therapy. *Ann Intern Med* 86: 81-92, 1977.
- Ikezoc J, Takashima S, Morimoto S, Kadowaki K, Takeuchi N, Yamamoto T, Nakanishi K, et al.: CT appearance of acute radiation-induced injury in the lung. *AJR* 150: 765-770, 1988.
- Jennings FL, Arden A: Development of radiation pneumonitis. *Arch Pathol Lab Med* 74: 351-360, 1962.
- Katzenstein AA, Askin FB: Surgical pathology of non-neoplastic lung disease. 2nd ed. Philadelphia, Saunders, 1990, pp 9-54.
- Libshitz HI, Shuman LS: Radiation-induced pulmonary change: CT findings. *J Comput Assist Tomogr* 8: 15-19, 1984.
- Pagani JJ, Libshitz HI: CT manifestations of radiation-induced change in chest tissue. *J Comput Assist Tomogr* 6: 243-248, 1982.
- Park KJ, Chung JY, Chun MS, Suh JH: Radiation-induced lung disease and the impact of radiation methods on imaging features. *Radiographics* 20: 83-98, 2000.
- Roswit B, White DC: Severe radiation injuries of the lung. *AJR* 129: 127-136, 1977.