대한방사선의학회지 2002;47:43 - 50

수술을 받은 유방암 환자의 방사선 치료후의 흉부 CT 소견[1]

정연주 · 김건일 · 이석홍 · 김동원[2] · 배영태[3]

목적: 수술을 받은 유방암 환자의 방사선 치료 후의 흉부 CT 소견을 기술하고자 한다.
대상과 방법: 1996년 5월부터 2000년 3월까지 유방암으로 수술 후 방사선 치료를 받은 환자 중 CT를 시행한 36명(27 - 59세, 평균 44세)의 흉부 CT 소견을 2명의 방사선과 의사가 후향적으로 분석하였다. 방사선 치료는 병기에 따라 유방 및 전흉벽 접면 조사만 시행(*n*=11)하거나 액와 및 쇄골상 림프절 전면 추가 조사(*n*=25)를 하였고 전체 방사선 조사량은 5040 - 5400 cGy, 27 - 35회 분할, 총 기간은 5 - 9주 였다. 방사선 치료 시작 1주 전의 baseline CT와 방사선 치료 종료 후 2 - 40개월(평균 17개월)의 CT를 비교하여 폐병변이 치료 중 혹은 치료 종결 3개월 내에 동측에 생겼을 때와 임상 소견 및 추적 검사로 방사선 폐렴 혹은 섬유화로 진단하였다.
결과: 치료 전 baseline CT는 유방의 이상 소견 혹은 액와 림프절 종대를 제외하고는 모두 정상 소견이었다. 방사선 조사 종료 후 시행한 CT의 이상 소견은 망상 음영 (*n*=24), 수직의 선상 음영 (*n*=15), 견인성 기관지 확장증 (*n*=7), 폐경결 음영 (*n*=6), 간유리 음영 (*n*=3)이었으며 기타 병적 늑골 골절 (*n*=3), 흉막 삼출 (*n*=2), 흉막비후 (*n*=1)이었다. 5예에서는 정상 소견이었다. 접면 조사를 받은 36명의 환자 중 CT 이상 소견은 23예(64%)에서 보였으며 모두 폐의 전방 흉막하 부위에서 보였다. 액와 및 쇄골상 림프절 전면 추가 조사를 받은 25예 중 이상 음영이 있는 24예에서는 폐음영의 분포가 대부분 (*n*=21) 폐첨부에 미만성으로 관찰되었으며 종격동 인접부위 (*n*=2), 폐첨부의 후면 (*n*=1)에 분포 우위를 보이는 예도 있었다. CT를 시행한 시기의 단순 흉부 촬영은 비정상 소견이 26예였고 정상 소견이 10예였다. 정상 단순 흉부 촬영 소견을 보인 예 중 7예는 유방 및 흉벽의 접면 조사만 시행하였고 이 중 3예의 CT에서 선상 혹은 흉막하 간유리 음영을 보였다. 정상 단순 흉부 촬영 소견을 보인 예 중 3예는 액와 및 쇄골상 림프절 전면 추가 조사를 받은 환자로 이 중 2예의 CT에서 선상 혹은 망상형의 음영을 보였다.
결론: 유방암 환자의 방사선 치료 후 CT 소견은 방사선 치료의 방법에 따라 폐첨부 혹은 폐의 전면 흉막하 부위에 선상 혹은 망상형의 음영으로서 방사선 폐렴 혹은 섬유화 소견이다. CT는 단순 흉부 촬영보다 이상 소견의 발견이 쉽다. 이러한 소견은 후에 합병될 수 있는 다른 폐질환의 감별 진단에 도움이 될 것으로 보인다.

방사선 조사로 인한 폐의 염증 및 섬유화는 대부분 폐의 조사야에 국한된다. 전형적인 종격동 전이암의 방사선 치료로 인한 폐병변은 종격동에 접한 폐상부의 내연에 발생하므로 흉부 사진 소견이나 CT 소견에 익숙하다. 비교적 최근에 널리 이용되고 있는 유방암의 치료 방법 (1)은 유방암 수술 후 보조적 방사선 치료로서 동측의 유방 및 흉벽, 인접 림프절을 대상으로 방사선 치료를 시행하므로 방사선 조사에 포함되는 폐의 부위와 분포는 종격동 조사보다는 다양하다. 이로 인한 폐손상의 방사선학적 소견은 결핵 등의 다른 폐실질 질환과 비슷해 보이기도 한다 (2). 이에 저자들은 유방암의 방사선 치료 후 생긴 폐이상 소견을 가장 정확히 인지하고 국소화 할 수 있는 흉부 CT를 이용하여 방사선 폐렴 혹은 섬유화의 빈도와 양상을 기술하고자 한다.

[1]부산대학교 의과대학 진단방사선과학교실
[2]부산대학교 의과대학 치료방사선과학교실
[3]부산대학교 의과대학 일반외과학교실
이 논문은 2001년 8월 31일 접수하여 2002년 2월 15일에 채택되었음.

대상과 방법

1996년 5월부터 2000년 3월까지 유방암으로 수술 후 방사선 치료를 받은 환자 220예 중 수술 전 baseline CT 및 수술 후 CT를 시행한 36명을 대상으로 하여 후향적 연구를 하였다. 이들 환자의 나이는 30 - 74세, 평균 44세였다. 이들의 임상적 그리고 수술적 병기는 TNM 병기에 따랐고 stage 0가 2명, stage I 이 8명, stage II가 21명, stage III 가 5명이었다. 18명이 오른쪽 유방암이었고 나머지 18명은 왼쪽 유방암이었다. 이들 환자 모두 수술 전 후 CMF(Cyclophosphamide, Methotrexate, 5 - FU) regimen으로 항암요법을 시행하였다.

수술 방법으로는 유방 사분역절제술 및 광배근피판술(quadrantectomy with latissimus dorsi muscle flap)을 26명의 환자에서 시행하였고 유방 사분역절제술(quadrantectomy)만 시행한 경우는 4명, 변형근치유방절제술(modified radical mastectomy)은 5명에서 시행하였고 1명은 피하유방절제술(subcutaneous mastectomy)만 시행하였다. 액와 림프절 침범이 있는 경우는 모두 절제하였다.

방사선 치료는 유방암 수술 2 - 3주 후에 시작하였다. 방사선 치료 방법은 림프절 침범 유무에 따라 유방 및 전흉벽의 접면 조사(tangential beam irradiation)만 시행(n=11)하거나 접면 조사와 액와 및 쇄골상 림프절 전면 추가 조사(opposed tangential field plus anterior - posterior supraclavicular and high axillary fields) (n=22), 접면 조사와 액와 림프절 전면 추가 조사(opposed tangential field plus anterior - posterior high axillary fields) (n=2), 접면 조사와 쇄골상 림프절 전면 추가 조사(opposed tangential field plus anterior - posterior supraclavicular fields) (n=1)를 시행하였다. 전체 방사선 조사량은 5040 - 5400 cGy, 27 - 35회 분할, 총 기간은 5 - 9주였다.

방사선 치료로 인한 폐손상의 유무를 평가하기 위해 방사선 치료 시작 1주 전에 baseline CT를 시행하였다. 방사선 치료 종결 후 2 - 40개월(평균 17개월)에 모든 환자는 단순 흉부 촬영과 흉부 CT로 추적 검사를 시행하였다. 단순 흉부 촬영과 흉부 CT는 모두 같은 날 혹은 3일 이내에 시행되었다. 흉부 CT로 추적 검사를 여러 번 시행한 경우는 첫 번째 추적 CT만을 대상으로 하였다. 흉부 CT 방법은 Somatom plus (Siemens, Erlangen, Germany)를 사용하여 10 - mm collimation, pitch of 1로 시행하였고 조영 증강을 하였다. 2예에서는 추가 고해상 CT (1 - mm collimation, 10 - mm intervals)를 시행하였다. 방사선 치료 시작 전의 baseline CT와 치료 종결 후 CT를 비교하여 폐병변이 치료 중 혹은 치료 종결 3개월 내에 동측에 생겼을 때 임상 소견 및 추적 검사로 방사선 폐렴 혹은 섬유화로 진단하였다. 흉부 CT에서 폐경결, 간유리 음영, 선상 음영, 망상 음영, 견인성 기관지 확장증 등의 유무와 분포 양상, 흉막액 및 흉벽의 이상 소견 유무를 기록하고 단순 흉부 촬영 사진과 비교하였으며 방사선 치료 방법에 따른 그 특징을 분석하였다. 방사선 사진의 판독은 1명의 방사선과 전문의와 1명의 방사선과 전공의가 합석하여 시행하였다.

결 과

치료 전 baseline CT는 유방의 이상 소견 혹은 액와 림프절 종대를 제외하고는 모두 정상 소견이었다.

방사선 조사 종료 후 시행한 36예의 CT 중 31예(86%)에서 이상 소견이 보였으며 5예에서는 정상이었다. 정상 CT 소견인 5예 중 4예는 유방 및 흉벽의 접면 조사만 시행하였고 나머지 한 예는 접면 조사와 함께 액와 및 쇄골상 림프절 전면 추가 조사를 시행하였다. CT의 이상 소견은 대부분 폐의 상엽 혹은 중엽에 분포하였으며 섬유화를 시사하는 망상 음영(n=24), 수직의 선상 음영(n=15), 견인성 기관지 확장증(n=7), 폐경결 음영(n=6), 간유리 음영(n=3)이었으며 기타 병적 늑골 골절(n=3), 흉막 삼출(n=2), 흉막 비후(n=1)이었다. 1예에서는 악성 흉막 삼출 , 또 다른 1예에서는 혈행성 전이를 시사하는 다발성 결절이 동반되었다. CT에서 망상 음영을 보인 24예 중 9예에서는 접면 조사와 전면 추가 조사로 인한 망상 음영이 동시에 서로 다른 폐엽에 관찰되었다. 간유리 음영을 보였던 3예는 모두 방사선 조사 종료 후 4개월 이전에 CT를 시행한 경우였으며, 수직의 선상 음영(n=13/15), 망상 음영(n=22/24) 그리고 견인성 기관지 확장증(n=6/7)은 4개월 이후의 CT에서 주로 보였다 (Table 1). 양성 흉막 삼출을 보였던 2예는 모두 방사선 조사 종료 후 4개월 이전에 CT를 시행한 경우였다.

Table 1. CT Findings after Completion of Radiotherapy in 36 Patients

CT Findings	CT obtained before 4 months (n = 6)	CT obtained after 4 months (n = 30)
Reticular	2	22
Linear	2	13
Traction bronchiectasis	1	6
Consolidation	3	3
GGA*	3	0
Rib fracture	0	3
Pleural effusion	2	0
Pleural thickening	0	1
Normal	0	5

* GGA : ground glass attenuation

Table 2. Parenchymal Changes with Tangential Beam Irradiation in 36 patients (n = 23, 64%)

CT Findings	< 4 months*	> 4 months*
Reticular	1	14
Perpendicular linear	2	5
GGA†	3	0
Consolidation	2	0

* Time of CT scan after completion of radiotherapy
† GGA: ground glass attenuation

접면 조사를 받은 36명의 환자 중 CT 이상 소견은 23예(64%)에서 보였으며 모두 폐의 전방 흉막하 부위에서 보였다 (Fig. 1, 2) (Table 2). 액와 및 쇄골상 림프절 전면 추가 조사를 받은 25예 중 CT 이상 소견은 24예에서 보였으며 폐음영의 분포는 대부분(n=21) 폐첨부에 미만성으로 관찰되었고 3예에서는 종격동 인접부위(n=2), 폐첨부의 후면(n=1)에 분포 우위를 보였다 (Fig. 3) (Table 3).

수술 후 CT를 시행한 시기의 단순 흉부 사진은 비정상 소견이 26예(72%)였고 정상 소견이 10예었다 (Table 4). 비정상 소견을 보인 26예는 모두 조사 받은 부위인 폐첨부 혹은 상부 폐에 증가된 음영으로 보였다. 정상 흉부 사진을 보인 10예 중 5예의 CT에서 이상 소견이 보였다. 정상 흉부 사진을 보인 10예 중 7예는 유방 및 흉벽의 접면 조사만 받은 예였고 이 중 3예의 CT에서 선상 혹은 흉막하 간유리 음영을 보였다. 정상 흉부 사진 소견을 보인 예 중 3예는 액와 및 쇄골상 림프절 전면 추가 조사를 받은 환자로 이 중 2예의 CT에서 선상 혹은 망상형의 음영을 보였다.

흉막 삼출을 보인 2예는 모두 소량이었으며 늑골 골절을 보인 3예 모두 방사선 조사 범위내에 포함된 2, 3, 4 번 늑골 골절이었다.

고 찰

방사선에 의한 폐손상의 발생과 그 양상은 다양한 요인들 즉, 방사선 총량, 분할량, 방사선을 받는 폐조직의 부피, 방사선구 및 선각도, 방사선의 물리적 특징에 따라 다르게 나타난다 (3, 4). 방사선 유발 폐손상과 방사선 총량 사이의 관계는 직선적이지는 않으나 역치를 넘으면 급격하게 증가하게 되며 폐손상은 총량 20 Gy 미만에서는 발생하지 않으나 40 Gy을 넘으면 거의 모든 경우에서 발생하게 된다. 분할 조사는 방사선의 생물학적 영향을 줄일 수 있는 방법이나 분할 조사도 2.67 Gy 이상의 분할 조사량을 주는 경우는 방사선 폐렴의 빈도가 높아진다. 증상이 있는 방사선 폐렴의 가장 중요한 요인은 방사선 조사에 포함된 폐의 부피이며 폐의 50% 이상이 조사받았을 경우 증상을 유발하게 된다 (3, 4).

방사선에 의한 폐손상의 흉부 사진 소견은 방사선 폐렴(radiation - induced pneumonitis)으로 특징지워지는 일시적인 초기 소견과 만성 방사선 섬유화(radiation fibrosis)로 특징지

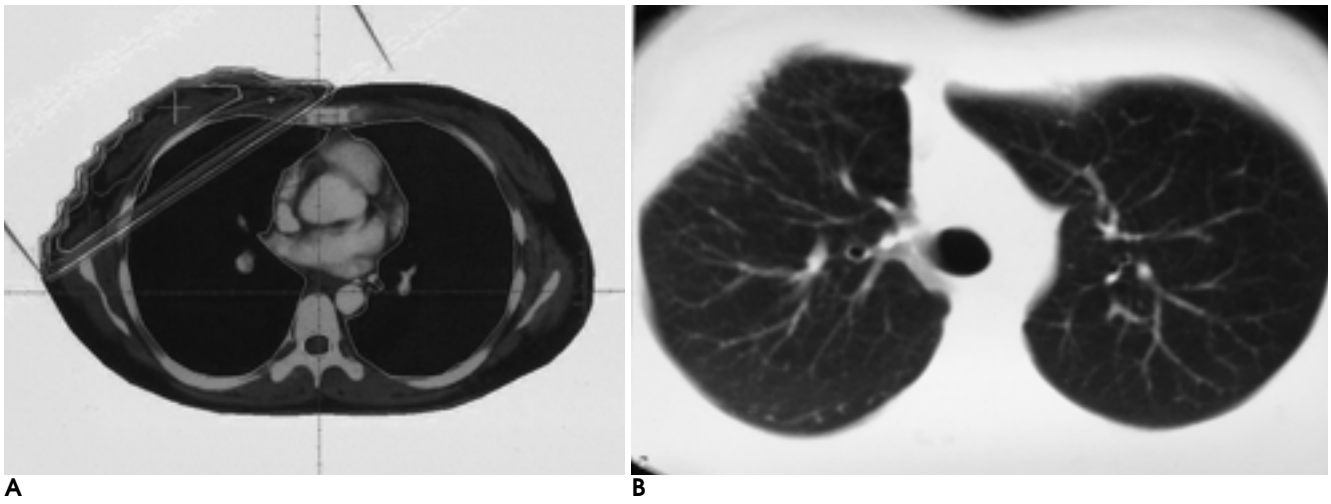
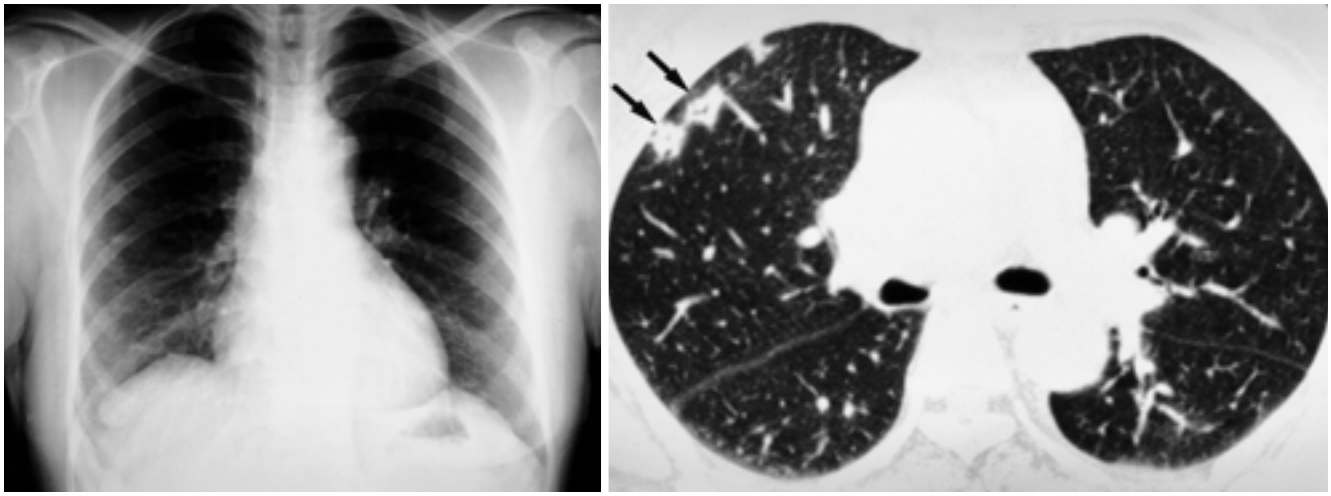
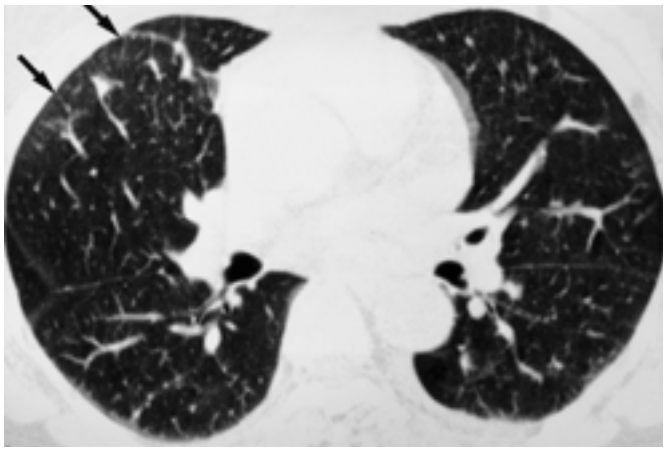


Fig. 1. Right breast cancer (stage I) in a 36-year-old woman who had undergone quandrantectomy and irradiation with tangential fields.
A. Simulation film demonstrating transverse dose distribution. The upper margin of the radiation field was adjusted to the upper margin of the sternoclavicular joint, the lower margin to approximately 2 cm below the inframammary fold, the inner margin to the mid-sternal line, and the outer margin to the mid-axillary line.
Maximum thickness of the lung included in the field was within 3cm on the transverse dose distribution.
B, C. CT scans obtained 12 months after completion of radiotherapy shows subpleural reticular opacities with a sharp posterior border conforming to the shape of the tangential beam (**B**) and vascular gathering (arrows) due to cicatrical atelectasis in the upper lobe of right lung (**C**).



A B

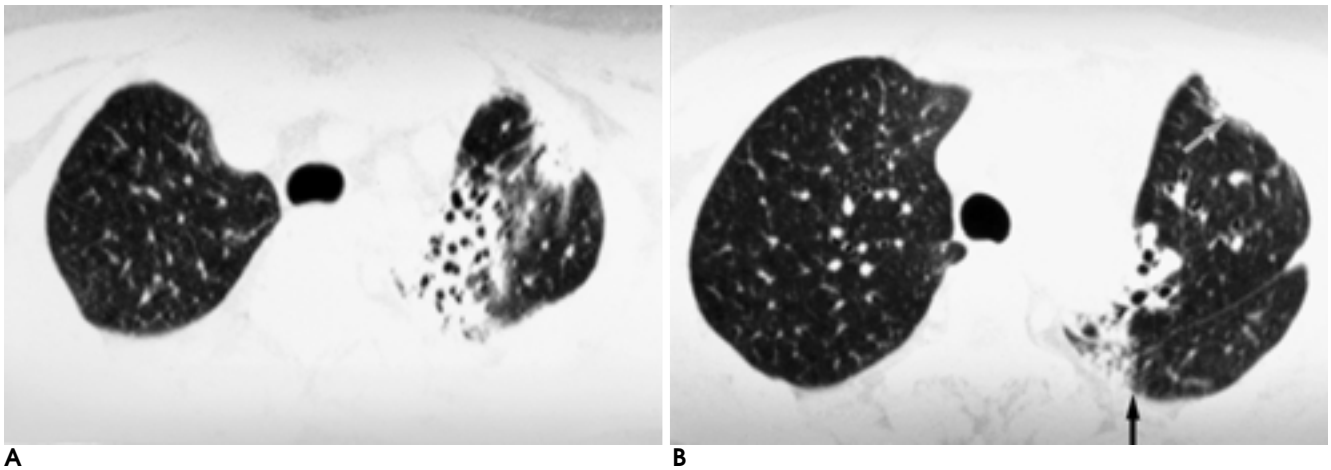


C

Fig. 2. Radiation pneumonitis in a 51-year-old woman with right breast cancer (stage I) who had undergone quadrantectomy with latissimus dorsi muscle flap and irradiation with tangential fields.

A. Chest radiograph obtained 4 months after completion of radiation therapy shows poorly defined nodular opacities, patchy areas of increased opacities and numerous Kerley B lines in the right lower lung zone.

B, C. High-resolution CT scans obtained at the same time as A demonstrate peribronchiolar consolidations (arrows in **B**) and interlobular septal thickenings (arrows in **C**) in the anterior subpleural area of the right middle lobe. Follow-up CT scan after 5 months showed no change of the lesion (not shown).



A B

Fig. 3. Radiation fibrosis in a 39-year-old woman with left breast carcinoma (stage II) who had postoperative radiotherapy with tangential plus anterior-posterior supraclavicular fields.

A. High-resolution CT scans obtained after 9 months demonstrate consolidations with traction bronchiectasis in the paramediastinal area of the left apex.

B. High-resolution CT scan below level of A shows consolidation with a sharp lateral margin conforming to the shape of the anterior-posterior supraclavicular fields (black arrow) and subpleural reticular opacities conforming to the shape of the tangential beam (white arrow).

Table 3. Parenchymal Changes with Supraclavicular Beam Irradiation in 25 Patients (n=24, 96%)

CT Findings	<4 months*	>4 months*
Reticular	1	17
Perpendicular linear	0	8
Traction bronchiectasis	1	6
Consolidation	1	3

* Time of CT scan after completion of radiotherapy

Table 4. Plain Radiographic Findings after Completion of Radiotherapy in 36 patients

Findings	No
Atelectasis	18
Reticular or linear	17
Patchy consolidation	9
Haziness	5
Pleural effusion or thickening	4
Rib fracture	3
Multiple nodules	1
Normal	10

워지는 후기 소견이 있다. 초기 소견은 방사선 치료가 끝난 뒤 4 - 12주 사이에 나타나게 되며 폐혈관이 불분명하게 보이는 간유리 음영부터 심한 폐경화까지 다양하게 보인다. 본 연구에서도 치료 종료 4개월 이전에 흉부 CT를 한 6예에서 폐변연부와 첨부에 간유리 음영 등이 나타났다. 이 시기의 병리학적 소견은 미만성 폐포 손상, 폐포내 단백 삼출 및 유리질막의 형성으로 알려져 있다 (3). 초기의 폐손상은 정도에 따라 완전히 호전되거나 점차 진행되어 폐섬유화까지 초래할 수 있다. 후기의 방사선학적 소견은 치료 종료 6 - 24개월 사이에 나타난다. 섬유화를 시사하는 폐첨부의 흉막 비후, 폐문이나 부엽간열(minor fissure)의 상승, 폐혈관의 왜곡, 편측 횡격막의 미약한 텐트나 상승, 늑골 횡격막각의 소실 등의 미약한 변화에서부터 방사선이 조사된 폐야의 선상음영과 기관지 확장과 같은 분명한 폐 변화가 보인다 (3 - 5). 본 연구의 대부분을 차지한 방사선 치료 종결 6개월 이후에 시행한 CT에서 망상형 혹은 선상의 수직 음영이 주로 보였으며 이는 심한 섬유화를 시사하는 것으로 생각된다. 이 시기에는 조직학적으로 강한 섬유화와 기관지 확장증이 존재할 수 있다 (3). 대부분의 방사선 폐렴 혹은 섬유화는 방사선이 조사된 구내에 국한되나 일부 경미한 변화가 방사선구에 포함되지 않는 폐부위에서도 보일 수 있는데 이것은 과민성 반응과 관련이 있으며 방사선 구내에서 보이는 것보다 경미한 간유리 음영이나 반점상 또는 균질한 경화를 보일 수 있다 (6). Mah 등 (7)의 연구에서는 방사선 치료를 받은 54명 중 2명, Ikezoe 등 (8)의 연구에서는 17명 중 4명이 방사선 조사야를 벗어나는 부위에 방사선 폐렴을 나타내는 경미한 변화를 보였다고 한다. 본 연구에서는 모든 방사선 손상에 의한 음영이 조사받은 범위내에만 국한되었다.

CT는 단순 흉부 촬영보다 대조 해상력과 민감도가 더 높으므로 이러한 방사선에 의한 변화들을 조기에 발견할 수 있는 민감한 검사법이다. Ikezoe 등 (8)은 방사선 치료 후 16주내에 시행한 CT 17예 중 15예에서 이상 소견을 발견했고 이 중 13예는 4주 이내에 변화가 인지되었다. 그러나 이 15예 중 3예는 단순 흉부 사진에서는 발견되지 않았고 다른 3예에서는 이상 소견이 CT에서 더 일찍 발견되었다고 하였다. Bell 등 (9)의 연구에서는 39명의 환자 중 단지 2명 만이 CT에서 정상이었으나 단순 흉부 사진에서는 반 이상이 정상이었다고 하였다. 저자의 연구에서는 10예에서 단순 흉부 사진이 정상 소견이었으나 이 중 5예에서는 CT에서 이상 소견이 인지되었다. 또한 CT는 무기폐, 폐실질 변형, 기관지 확장증, 흉막 비후(특히 앞쪽, 뒤쪽 흉막에 국한된) 등의 섬유화를 나타내는 소견을 더 잘 보여주고 (9) 이들 변화의 정확한 분포와 양상을 평가하는데 유용하며 정상적인 폐와의 경계를 잘 알 수 있다. 또한 고해상 흉부 CT는 일반적인 7 - 10 mm 두께의 CT 보다도 공간 해상력이 좋고 중첩 효과를 피할 수 있기 때문에 미세한 방사선 조사로 인한 변화를 나타내는 데 더 우수하다 (3). 본 연구에서도 고해상 흉부 CT를 시행한 2예에서 폐첨부에 견인성 기관지 확장증을 동반한 폐경화 소견과 흉막하 망상음영이 더 선명하게 보였다.

방사선 폐렴 혹은 섬유화는 서로 다른 방사선 조사 방법 및 종양의 위치에 따라 서로 다른 소견을 보인다고 알려져 있다. 식도암의 경우는 종양의 위치로 인해 종격동에 인접한 폐부위에 방사선과 관련된 손상이 생기게 된다 (10). 종격동 종양의 경우는 방사선 조사구가 횡격막 상부의 주요 림프절을 포함해야 하므로 종격동 인접 부위와 양쪽 폐첨부에 다양한 정도의 방사선 폐렴을 초래한다 (10). 유방암의 경우 접면 조사구가 흔히 사용되는 데 이때 폐변연부의 1.5 - 3 cm이 방사선 조사에 포함이 된다 (10). 그래서 방사선 폐렴 혹은 섬유화는 폐변연부의 전외측에 선명한 경계를 가진 띠 형태로 나타나게 된다. 이런 경우는 단순 흉부 사진에서 잘 보이지 않으며 보이더라도 흉막 비후와 감별이 어렵다 (9, 11). 본 연구에서도 접면 조사만 시행한 11예 중 7예에서 단순 흉부 사진에서 병변이 보이지 않았으나 이 중 3예에서는 CT에서 방사선 폐렴 혹은 섬유화를 시사하는 음영이 관찰되었다. CT에서 쇄골상 림프절 조사구는 대개 첫 번째 혹은 두 번째 늑간의 하연에 위치하게 된다. 이로 인한 방사선 유발 폐손상은 폐첨부에 폐결핵과 유사한 병변을 일으킨다 (2). 본 연구에서도 보존적 유방 절제술을 받은 환자에서는 단순 흉부 사진에서 유방의 이상 음영을 인지하기 어려운 경우가 있으므로 병력을 모르는 상태에서 폐결핵으로 판독된 경우가 6예(17%)이었다. 저자들의 다른 조사에 의하면 유방암으로 방사선 치료를 받고 단순 흉부 촬영으로 추적 검사를 시행한 환자 64명 중 폐결핵으로 판독된 예가 10예(16%)었다. 이들 모두 임상적 추적 검사 결과 폐결핵의 소견은 없었고 방사선 폐렴으로 진단되었다. 폐결핵과의 감별점으로 방사선 폐렴에서는 중심소엽성 소결절이 보이지 않는다는 보고가 있다 (10). 저자들의 경험에 의하면 10 mm 두께의 CT이지만 중심소엽성 소결절이 보이지 않는다는 점, 심한 섬유화와 기관지 확장증의 소견에도 불구하고

공동 형성이나 석회화 소견이 보이지 않았다는 점 등이 결핵과의 감별점으로 생각된다. 내측 유방 림프절은 내측 접면 조사구를 이용해 전후 혹은 사위선각으로 조사한다. 결과적으로 이 경우에는 종격동 인접부위의 폐손상이 생기게 된다 (9).

이러한 폐실질에 대한 손상이외에도 방사선 조사는 때때로 조사를 받은 동측에 흉막 삼출을 유발할 수 있다. 방사선 치료에 의한 이차적인 흉막 삼출은 1957년 Bate와 Guttmann에 의해 유방암으로 방사선 치료를 받은 환자에서 처음 기술되었다. 이 개념은 Bachman과 Macken 에 의해 정립되어 방사선 치료 종결 후 6개월 이내에 흉막 삼출이 생겨야 하고 동반된 방사선 폐렴의 소견이 있어야 하며 흉막 삼출이 저절로 소실되어야 하는 진단 기준이 있다 (2). 본 연구에서 양성 흉막 삼출은 2예에서 보였고 모두 방사선 조사 종료 4개월 이전에 시행한 CT에서 보였고 소량이었다. 그러나 한 예에서는 흉막 삼출과 함께 조영 증강되는 결절성 흉막 비후가 있어 전이성 악성 흉막 삼출이었다. 본 연구에서 대부분의 환자들은 방사선 치료 종결 후 6개월 이후에 CT를 시행하였기 때문에 흉막 삼출을 발견한 전체적인 빈도는 낮지만 방사선 치료 종결 후 6개월 이내에 CT를 시행한 환자 6명 중 2명에서 흉막 삼출이 발생했고 추적 검사에서 이 흉막 삼출은 저절로 소실되었다. 그러나 이러한 흉막 삼출이 만약 다시 생기거나 급속히 증가할 경우는 전이에 의한 흉막 삼출을 생각해야 한다 (2).

방사선 치료는 또한 성숙된 뼈에 방사선 골괴사, 병적 골절, 방사선 유발 종양 등의 변화를 일으킬 수 있다. Mitchell 등 (12)은 유방암으로 방사선 치료를 받은 환자의 1 - 3%에서 어깨 부위의 방사선 유발 골 변화를 관찰하였으며, 유방암으로 방사선 치료를 받은 환자에서 쇄골 골절의 보고도 있다 (13, 14). Overgaard 등 (15)에 의하면 유방암 수술 후 방사선 치료를 받은 환자 231명 중 59명에서 늑골 골절이 있었으며 이 중 38명은 2 - 7개의 다발성 늑골 골절이 있었다고 하였다. 본 연구에서는 3예(8%)에서 늑골 골절이 보였으며 모두 한 개 내지는 두 개의 늑골 골절이었다. 방사선 조사량, 조사 분할 방식 그리고 환자의 골조직의 강도 등이 늑골 골절의 빈도에 영향을 줄 것으로 생각된다. 방사선에 의한 늑골 골절은 대개 통증이 없으며 3, 4, 5번 늑골의 전외측을 포함한 후방 늑골에 잘 발생한다. 병리조직학적으로 방사선 조사는 성인 골수에 급성 혹은 아급성 염증 반응과 함께 조혈 세포와 골형성 세포의 괴사를 유발하게 되며 이렇게 괴사가 일어난 뼈에 비정상적인 스트레스가 가해질 때 병적 골절이 일어나게 된다 (16). 병적 골절은 방사선 조사를 받은 후 3 - 12개월 사이에 가장 많이 나타나게 된다. 4500 cGy의 방사선 총량을 받은 경우 골감소증, 이기질화, 섬유주의 거침, 불규칙한 피질이 단순 촬영에서도 명백하게 나타난다. CT는 단순 촬영보다 미세한 골절, 뼈의 구조 변화, 퇴행성 연부 조직 석회화(dystrophic soft tissue calcification)를 더 잘 보여준다. 때때로 종양의 골 전이와 병적 골절의 감별이 어려울 수 있으나 방사선 조사구내에 다발성 병변이 있는 경우는 전이성 암종보다는 방사선 유발 골괴사를 더욱 더 시사하며 (12) 추적 단순 촬영이나 핵의학 검사, 자기 공명 영상 검사를 통해 전이암과의 감별을 할 수 있다.

방사선 치료를 받고 있는 환자의 추적 단순 흉부 사진에서 폐에 증가된 음영이 있을 경우는 방사선 폐렴외에도 국소적 재발, 림프관성 전이, 감염성 폐렴 등을 감별해야 한다 (2, 17). 감별의 중요한 방법 중의 하나는 baseline 및 추적 단순 흉부 촬영 및 CT를 시행하여 병변의 분포와 변화 양상을 추적 관찰하는 것이다 (3). 그러나 대부분의 경우 유방암 수술 후 추적 검사에서 CT는 단순 흉부 촬영과는 달리 짧은 간격으로 규칙적으로 자주 시행되지 않는다는 문제점이 있다 (18). 그러나 추적 검사에서 흉막 삼출이 늦게 나타나거나 증가된 경우, 폐경화 혹은 종괴, 공동이 새로 형성되는 등 방사선 폐렴의 비전형적인 방사선학적 소견이 관찰되는 경우는 방사선 폐렴 혹은 섬유화를 감염이나 악성 종양과 감별하기 위해서 CT 혹은 고해상 CT를 이용한 병변의 분포, 양상을 파악하는 것이 중요하다 (4, 19, 20).

본 연구에서는 유방암으로 수술과 방사선 치료를 받은 환자에서 유방암의 재발 및 액와부, 폐의 전이 소견을 보기 위해 조영 증강 10mm - collimation CT를 하였으므로 병변의 정밀한 육안적 관찰이 미흡하였다. 향후 이런 환자군에서는 합병될 지도 모르는 감염성 질환 혹은 전이를 정확히 감별하기 위해 조영 증강 CT 후 고해상 CT를 추가하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

결론적으로 유방암 환자의 방사선 치료 후 CT 소견은 접면 조사로 인해 폐의 전면 흉막하 부위에 섬유화를 동반하거나 동반하지 않은 증가된 음영으로 나타나게 되며 전면 추가 조사를 받은 경우는 대부분 방사선 조사에 포함된 폐 부위인 폐첨부 혹은 종격동 부위에 증가된 음영이 나타난다. CT는 단순 흉부 사진보다 이상 소견의 발견이 쉬우며 후에 합병될 수 있는 다른 폐질환과의 감별에 도움을 줄 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. NIH Consensus Conference: Treatment of early-stage breast cancer. *JAMA* 1991;265:391-395
2. Libschits HI, Southard ME. Complication of radiation therapy: The thorax. *Semin Roentgenol* 1974;9:41-49
3. Davis SD, Yankelevitz DF, Henschke CI. Radiation effects on the lung: Clinical features, pathology, and imaging findings. *AJR Am J Roentgenol* 1992;159:1157-1164
4. Fennessy JJ. Irradiation damage to the lung. *J Thorac Imaging* 1987; 2:68-79
5. Libshitz HI. Radiation changes in the lung. *Semin Roentgenol* 1993; 28:303-320
6. Gibson PG, Bryant DH, Morgan GW, et al. Radiation-induced lung injury: A hypersensitivity pneumonitis? *Ann Intern Med* 1988; 109:288-291
7. Mah K, Poon PY, Van DJ, Keane T, Majesky IF, Rideout DF. Assessment of acute radiation-induced pulmonary changes using computed tomography. *J Comput Assist Tomogr* 1986;10:736-743
8. Ikezoe J, Takashima S, Morimoto S, et al. CT appearance of acute radiation-induced injury in the lung. *AJR Am J Roentgenol* 1988; 150:765-770
9. Bell J, McGivern D, Bullimore J, Hill J, Davies ER, Goddard P. Diagnostic imaging of post-irradiation changes in the chest. *Clin*

Radiol 1988;39:109-119
10. Park KJ, Chung JY, Chun MS, Suh JH. Radiation-induced lung disease and the impact of radiation methods on imaging features. *RadioGraphics* 2000;20:83-98
11. Coscina WF, Arger PH, Mintz MC, Coleman BG. CT demonstration of pulmonary effects of tangential beam radiation. *J Comput Assist Tomogr* 1986;10:600-602
12. Mitchell MJ, Logan PM. Radiation-induced changes in bone. *RadioGraphics* 1998;18:1125-1136
13. Slaughter DP. Radiation osteitis and fractures following irradiation. *AJR Am J Roentgenol* 1942;48:204-212
14. To EW, Pang PC, Tsang WS, Tsang WM. Pathologic fracture of clavicle after radiotherapy. *AJR Am J Roentgenol* 2001;176:264-265
15. Overgaard M. Spontaneous radiation-induced rib fractures in breast cancer patients treated with postmastectomy irradiation: A clinical radiobiological analysis of the influence of fraction size and dose-response relationships on late bone damage. *Acta Oncol* 1988; 27:117-122
16. Blomlie V, Rofstad EK, Talle K, Sundfor K, Winderen M, Lien HH. Incidence of radiation-induced insufficiency fractures of the female pelvis: Evaluation with MR imaging. *AJR Am J Roentgenol* 1996;167:1205-1210
17. Pagani JJ, Libshitz HI. CT manifestations of radiation-induced change in chest tissue. *J Comput Assist Tomogr* 1982;6:243-248
18. Nishioka A, Ogawa Y, Hamada N, et al. Analysis of radiation pneumonitis and radiation-induced lung fibrosis in breast cancer patients after breast conservation treatment. *Oncol Rep* 1999;6: 513-517
19. Bachman AL, Macken K. Pleural effusions following supervoltage radiation for breast carcinoma. *Radiology* 1959;72:699-709
20. Libshitz HI, Shuman LS. Radiation-induced pulmonary change: CT findings. *J Comput Assist Tomogr* 1984;8:15-19

J Korean Radiol Soc 2002;47:43 - 50

Chest CT Findings in Breast Cancer Patients Treated with Postoperative Irradiation[1]

Yeon Joo Jeong, M.D., Kun-Il Kim, M.D., Suk Hong Lee, M.D.,
Dong Won Kim, M.D.[2], Yeong Tae Bae, M.D.[3]

[1]Department of Diagnostic Radiology, College of Medicine, Pusan National University
[2]Department of Oncology, College of Medicine, Pusan National University
[3]Department of General Surgery, College of Medicine, Pusan National University

Purpose: The determine the chest CT findings in breast cancer patients who have undergone postoperative irradiation.

Materials and Methods: The chest CT findings in 36 female patients who underwent breast surgery and radiotherapy between May 1996 and March 2000 were retrospectively analysed. Prior to radiotherapy, baseline chest CT depicted normal parenchyma in all cases. In 11 patients, the ipsilateral breast and chest wall were irradiated using opposed tangential fields, while 25 were treated by the four fields method (opposed tangential fields plus anterior and posterior supraclavicular/high axillary fields), with a total dose of 5040 - 5400 cGy for 5 - 9 weeks.

Results: CT after radiotherapy demonstrated reticular opacity ($n=24$), perpendicular linear opacity ($n=15$), traction bronchiectasis ($n=7$), consolidation ($n=6$), ground glass attenuation ($n=3$), pathologic rib fractures ($n=3$), pleural effusion ($n=2$), and pleural thickening ($n=1$), while in five patients no abnormality was observed. In addition, in the anterolateral lung area of 23 (64%) of 36 patients who underwent tangential beam irradiation, CT demonstrated peripheral opacities. When supraclavicular and axillary portals were used, radiation-induced lung changes mostly occurred at the apex of the lung ($n=24$). Chest radiographs were abnormal in 26 patients and normal in ten; in five of these ten, CT demonstrated reticular opacity.

Conclusion: Depending on the irradiation CT findings of radiation-induced lung injury in breast cancer include areas of increased opacity with or without fibrosis, in apical and/or anterior subpleural regions. CT may help differentiate radiation-induced parenchymal change from superimposed or combined lung disease.

Index words : Breast neoplasms, postoperative
Lung, effects of irradiation on

Address reprint requests to : Kun-Il Kim, M.D., Department of Diagnostic Radiology, Pusan National University Hospital.
1-10, Ami-dong, Seo-gu, Pusan 602-739, Korea.
Tel. 82-51-240-7373 Fax. 82-51-244-7534