

유방암 절제술 후 방사선치료를 시행한 환자의 골스캔에서 보이는 방사선 유발 늑골골절

계명대학교 동산의료원 핵의학과¹, 방사선종양학과²
김해원¹ · 원경숙¹ · 전석길¹ · 김진희²

Radiation Induced Rib Fractures on Bone Scan after Breast Cancer Surgery and Radiation Therapy

Hae Won Kim, M.D.¹, Kyoung Sook Won, M.D.¹, Seok Kil Zeon, M.D.¹, and Jin Hee Kim, M.D.²

Departments of ¹Nuclear Medicine and ²Radiation Oncology, Keimyung University, School of Medicine, Daegu, Korea

Purpose: This study is to evaluate rib fractures on bone scan in breast cancer patients treated with breast cancer surgery and radiation therapy and to evaluate its relation with radiation therapy and operation modality.

Materials and Methods: Two hundred seventy cases that underwent serial bone scan after breast cancer surgery and radiation therapy were enrolled. Bone scan and chest CT findings of rib fracture were analyzed. **Results:** The rib uptake was seen in 74 of 270 cases (27.4%) on bone scan and 50 cases (18.5%) were confirmed to have rib fracture by chest CT. The rate of modified radical mastectomy in patients with rib fracture was significantly higher than that in patients without rib fracture (66.0% vs. 27.0%, $p=0.000$). The rate of additional radiation therapy to axillar or supraclavicular regions in patients with rib fracture was significantly higher than that in patients without rib fracture (62.0% vs. 28.6%, $p=0.000$). Rib fracture was seen most frequently at 1-2 years after radiation therapy (51.9%) and single rib fracture was seen most frequently (55.2%). Of total 106 rib fractures, focal rib uptake was seen in 94 ribs (88.7%) and diffuse rib uptake was seen in 12 ribs (11.3%). On one year follow-up bone scan, complete resolution of rib uptake was seen in 15 ribs (14.2%). On chest CT, the rate of fracture line in ribs with intense uptake was significantly higher than that in ribs with mild or moderate uptake ($p=0.000$). The rate of presence of fracture line in ribs with focal uptake was significantly higher than that in ribs with diffuse uptake ($p=0.001$). **Conclusion:** Rib fracture in breast cancer patients after radiation therapy was related to radiation portal and operation modality. It should be interpreted carefully as a differential diagnosis of bone metastasis. (Nucl Med Mol Imaging 2009;43(4):287-293)

Key Words: Breast cancer, bone scan, radiation therapy, rib fracture

서 론

유방암은 우리나라에서 최근 꾸준히 증가하는 추세로, 건강보험공단의 통계에 따르면 2005년에 발생한 전체 여성의 악성종양 중 유방암이 16.5%로 갑상선암(16.7%) 다음으로 발생빈도의 제 2위를 점유하고 있다.¹⁾ 진행된 유방암 환자에서 골전이 는 드물지 않게 발견되며, 골스캔은 수십 년 간 골전이 진단 및 추적관찰에 가장 널리 사용되고 있다.^{2,3)}

그러나, 골스캔은 골 재형성을 동반하지 않은 순수 골 용해성 병소의 경우 위음성으로 나타날 수 있으며 유방암과 관련 없는 질환에 의한 골 재형성에서 위양성으로 나타날 수 있다.^{4,5)}

한편, 유방암 환자에서 유방절제술 후 재발 방지를 위하여 방사선 치료를 시행하는 경우가 많으며, 그 합병증으로 방사선 피부염, 방사선 폐렴, 팔부종, 동견관절, 방사선 유발 늑골골절 등이 보고되고 있다.^{6,7)} 특히, 방사선 유발 늑골골절은 방사선 치료 후 정상 또는 생리적 근육 강도의 힘이 무기질 또는 탄력성이 결핍된 뼈에 가해지면 쉽게 발생하며, 대부분의 환자에게 무증상으로 나타난다. 방사선 유발 늑골골절의 치유는 상당한 기간에 걸쳐 천천히 일어나며 불유합도 빈번히 발생한다.^{7,8)}

유방암 환자에서의 방사선 유발 늑골골절은 여러 저자들

• Received: 2008. 12. 15. • Revised: 2009. 4. 6.
• Accepted: 2009. 4. 21.
• Address for reprints: Kyoung Sook Won, M.D., Department of Nuclear Medicine, Keimyung University, School of Medicine, 194 Dongsan-dong, Jung-gu, Daegu 700-712, Korea
Tel : 82-53-250-7022; Fax : 82-53-250-8128
E-mail: won@dsmc.or.kr

에 의해서 보고되었지만, 골스캔 소견은 지금까지 상세히 보고된 바 없으며, 늑골의 골전이와의 감별에 어려움을 줄 수 있다.^{6,9,10)} 본 연구는 유방암절제술 후 방사선 치료를 받은 환자에서 발생한 늑골골절의 골스캔 소견을 분석하고 방사선 치료와의 상관관계를 알아보아 골전이와의 감별에 도움을 주고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

1992년 1월부터 2006년 8월까지 유방암으로 수술 후 방사선 치료를 받은 327명의 환자 중 추적 골스캔이 시행되지 않았거나, 골전이가 발생한 예는 제외한 262명의 환자를 대상으로 하였고, 이 중 8명은 양측 유방암으로 각 유방에 수술과 방사선 치료가 시행되어 총 270예를 분석하였다. 모든 대상환자들은 추적관찰 기간 중 뚜렷한 외상의 병력이 없었다. 대상환자의 방사선 치료 당시 연령은 47.5 ± 9.3 세였으며, 몸무게는 57.9 ± 7.7 kg 이었다.

수술술식은 177예에서 유방보존수술(breast conserving surgery)이 시행되었고, 이 중 117예에서 액와광창술을 시행받았다. 나머지 93예에서 변형유방전절제술(modified radical mastectomy)이 시행되었고, 이 중 75예가 액와광창술을 시행받았다.

2. 방사선치료

방사선치료는 유방보존수술을 시행한 경우에는 동측 유방에 50.4 Gy를 1.8 Gy씩 하루 한 번, 주 5회에 조사하였으며 종양제거 부위에 10 Gy를 전자선으로 추가 조사하였다. 액와 림프절에 전이가 4개 이상 있을 때는 동측 쇄골상 림프절부위에 50 Gy를 2 Gy씩, 하루 한 번, 주 5회 조사하였다.

변형유방전절제술을 시행한 환자에서는 종괴의 크기가 4 cm 이상이거나 흉벽 근육에 침윤하였거나 절제연이 가깝거나 절제연에 종양세포가 있을 때는 동측 흉벽에 45-54 Gy를 1.8-2 Gy씩, 하루 한 번, 주 5회 조사하였다. 동측 액와 림프절 전이가 4개 이상인 경우에 동측 쇄골상 림프절부위에 45-50 Gy를 1.8-2 Gy 하루 한 번, 주 5회 조사하였으며 액와 림프절전이가 4개 이상이면서 액와 림프절막이 침범된 경우에는 동측 액와도 포함하였다.

3. 골스캔 영상 획득 및 분석

골스캔은 Tc-99m MDP 800 MBq를 투여한 4시간 후에, 저에너지 고해상도 조준기가 장착된 이중헤드 감마카메라

(E-cam Signature, Siemens, USA)를 이용하여 전신의 전면상 및 후면상을 얻었다. 늑골의 섭취증가의 위치가 전면상과 후면상으로 정확한 평가가 어려운 경우, 추가로 사위상이나 측면상의 골스캔을 얻었다.

영상의 판독은 두 명의 핵의학 전문의가 시행하였고, 늑골에 섭취증가가 관찰된 경우 골스캔에서 전후 1개월 이내에 촬영한 흉부CT (computerized tomography)와 비교하였다. 흉부CT에서 늑골 병변은 골절선이 보이는 것, 가골형성이 보이는 것, 골수내 경화로 보이는 것, 이상소견을 찾을 수 없는 것으로 구분하였으며, 골절선이 보이거나 가골형성이 보이는 것을 늑골골절로 간주하였다.

늑골골절이 확인된 경우 각 예의 총 방사선 조사량, 방사선 치료범위, 방사선 치료 당시 연령, 수술술식, 방사선 치료 후 늑골골절이 나타난 기간, 늑골골절의 개수, 위치, 골스캔에서의 섭취증가 정도, 유형과 변화양상을 분석하였다. 늑골골절의 섭취증가 정도, 유형과 변화양상은 병변별로 분석하였고, 늑골의 섭취증가가 흉골보다 약하면 미약한 섭취, 동등하면 중등도 섭취, 강하면 심한 섭취로 구분하여, 추적 골스캔의 섭취증가 정도의 변화를 관찰하였다. 추적 골스캔은 섭취증가가 나타난 1년 이후의 골스캔을 비교하였고, 섭취증가의 유형은 국소형과 확산형으로 구분하였다. 또한, 흉부CT에서 늑골의 골절선을 보이는 병변과 가골형성을 보이는 병변을 골스캔의 섭취증가 정도와 비교하였다.

4. 통계처리

자료는 윈도우용 SPSS 소프트웨어(Version 15.0, SPSS Inc, Chicago, Illinois, USA)를 이용하여 통계처리 하였다. 늑골골절이 있는 군과 없는 군 사이에 총 방사선 조사량, 방사선조사를 받은 시기의 나이 등에 차이가 있는지 보기 위해 독립표본 T 검정을 시행하였다. 또한 수술술식, 방사선 치료범위, 늑골골절의 골스캔 소견과 흉부 CT소견의 차이는 카이제곱 검정을 통해 비교하였다.

p값이 0.05미만인 경우에 통계적으로 유의한 것으로 판단하였다.

결 과

1. 늑골골절의 발생 빈도

방사선 치료 후 시행된 추적 골스캔 검사에서 방사선 치료를 시행한 쪽의 늑골에 비정상적인 섭취증가를 보인 예는 총 270예 중 74예(27.4%)였으며, 이 중 흉부CT에서 골절선이나 가골형성을 보여 늑골골절로 확인된 예는 50예(18.5%)였다. 다른 11예(4.1%)는 흉부CT에서 늑골의 골수

Table 1. Comparison between Cases with Ipsilateral Rib Fracture (Positive) and Cases without Fracture (Negative) on Bone Scan in Patients with Breast Cancer after Surgery and Radiation Therapy

	Positive (n=50)	Negative (n=196)	p-value
Age (y)	48.0±9.2	47.5±9.6	0.751
Weight (kg)	58.9±8.1	57.4±7.5	0.149
Operation			
MRM ^{a)}	33	53	0.000
BCP ^{b)}	17	143	
Radiation field			
Chest wall or breast only	19	140	0.000
Additional SCL ^{c)} and/or axilla	31	56	
Total radiation dose (Gy)	56.6±6.4	58.7±5.9	0.182

^{a)}Modified radical mastectomy, ^{b)}Breast conserving procedure, ^{c)}Supraclavicular lymph node region

내 경화소견을 보였고, 5예(1.9%)는 흉부 CT에서 이상소견을 찾을 수 없었다. 나머지 8예(3%)는 촬영된 흉부 CT가 없어 늑골 병변을 확인할 수 없었다.

2. 늑골골절이 발생한 군과 그렇지 않은 군의 비교

늑골골절이 발생한 군 50예와 그렇지 않은 군 196예를 비교하였다. 늑골골절이 발생한 군의 방사선 치료 당시 연령은 그렇지 않은 군과 비교하여 유의한 차이는 없었다(48.0±9.2 y vs. 47.5±9.6 y, $p=0.751$). 늑골골절이 발생한 군과 그렇지 않은 군의 치료 당시 몸무게의 유의한 차이는 없었다(58.9±8.1 kg vs. 57.4±7.5 kg, $p=0.149$). 늑골골절이 발생한 군이 그렇지 않은 군에 비해 변형유방전절제술을 시행한 경우가 유의하게 높았다(66.0% vs. 27.0%, $p=0.000$). 또한, 늑골골절이 발생한 군이 그렇지 않은 군에 비해 액와 림프절이나 쇄골상 림프절 부위에 추가로 방사선 치료를 한 경우가 유의하게 높았다(62.0% vs. 28.6%, $p=0.000$). 그러나, 늑골골절이 발생한 군의 흉벽 또는 유방에 대한 총 방사선 조사량은 그렇지 않은 군과 차이가 없었다(56.6±6.4 Gy vs. 58.7±5.9 Gy, $p=0.182$) (Table 1).

수술방법과 방사선 치료범위를 조합하여 늑골발생의 빈도를 비교하였을 때, 변형유방전절제술과 흉벽의 방사선 치료만을 한 경우는 18%(9/49), 액와 림프절이나 쇄골상 림프절 부위에도 방사선 치료를 한 경우 65%(24/37), 유방보존수술과 유방에 대한 방사선 치료만 한 경우 9%(10/110), 액와 림프절이나 쇄골상 림프절 부위에도 방사선 치료를 한 경우 14%(7/50)으로 유의한 차이를 보였다($p=0.000$).

3. 늑골골절의 골스캔 소견 분석

늑골골절이 발생한 50예 중 총 106개의 늑골골절이 확인

되었고, 24예(48.0%)에서 1개의 늑골골절이 보였으며, 11예(22.0%)에서 2개의 늑골골절을 보였다. 7예(14.0%)에서 3개의 늑골골절이 보였으며, 4개 이상의 늑골골절은 8예(16.0%)에서 나타났다. 방사선 치료 후 골스캔에서 늑골골절이 나타나기까지의 기간은 1년 미만인 2개(1.9%), 1년에서 2년 사이가 55개(51.9%), 2년에서 3년 사이가 35개(33.0%), 3년 이상이 14개(13.2%)였다.

늑골골절이 발생한 위치로는 동측의 다섯 번째 늑골이 22개(20.8%)로 빈도가 가장 높았고, 세 번째와 네 번째 늑골이 21개(19.8%), 20개(18.9%)로 많이 발생하였다. 그 외 두 번째 늑골에서는 12개(11.3%), 일곱 번째 늑골이 9개(8.5%), 여덟 번째 늑골이 1개(0.9%) 순으로 늑골골절이 발생하였다. 늑골골절은 모두 늑골의 앞쪽 또는 앞옆쪽에서 관찰되었다.

골스캔에서 보인 늑골골절의 섭취증가 정도는 미약한 섭취가 38개(35.8%), 중등도 섭취가 45개(42.5%), 심한 섭취가 23개(21.7%)였으며, 섭취증가의 유형은 국소형이 94개(88.7%), 확산형 12개(11.3%)로 나타났다(Fig. 1, 2). 섭취증가 정도와 유형의 관계에서는 국소형의 섭취를 보인 94개의 늑골골절 중 미약한 섭취가 36개(28.3%), 중등도 섭취가 35개(37.2%), 심한 섭취가 23개(24.5%)로 다양하게 나타났다. 확산형 섭취를 보인 12개의 늑골골절은 미약한 섭취가 2개(16.7%), 중등도 섭취가 10개(83.3%)로 나타났고 심한 섭취는 없었다(Fig. 3).

늑골골절이 발생한 1년 후 추적 골스캔에서 섭취증가 정도의 변화는 완전히 사라진 것이 15개(14.2%), 약해진 것이 47개(44.3%), 변화가 없는 것이 34개(32.1%)였으며, 이후 추적 골스캔이 없어 알 수 없는 것이 10개(9.4%)였다 (Table 2).

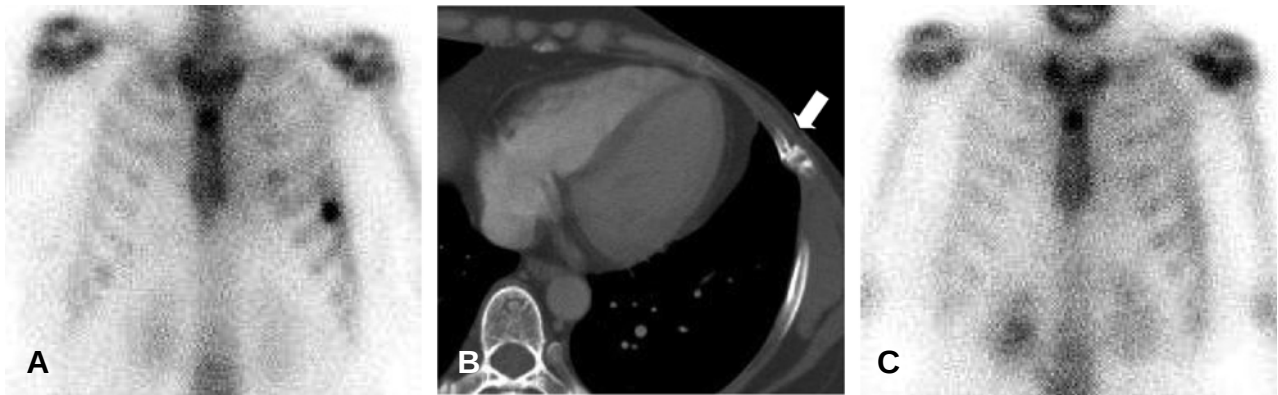


Figure 1. A 54 years old woman with left breast cancer underwent radiation therapy to the left chest wall after modified radical mastectomy. One year after radiation therapy, bone scan (A) reveals a focal intense uptake in anterior arc of the left 6th rib. At the same period, chest CT (B) shows a fracture line in the corresponding region (arrow). After one year, follow-up bone scan (C) shows complete resolution of previous uptake in the left 6th rib.



Figure 2. A 59 years old woman with left breast cancer underwent radiation therapy to the left chest wall, and supraclavicular and axillary regions after modified radical mastectomy. Three years after radiation therapy, bone scan (A) reveals a focal moderate uptake in anterior arc of the left 5th rib. At the same period, chest CT (B) shows callus formation in the same site (arrow). One year later, follow-up bone scan (C) shows decreased intensity of a previous uptake in the left 5th rib.

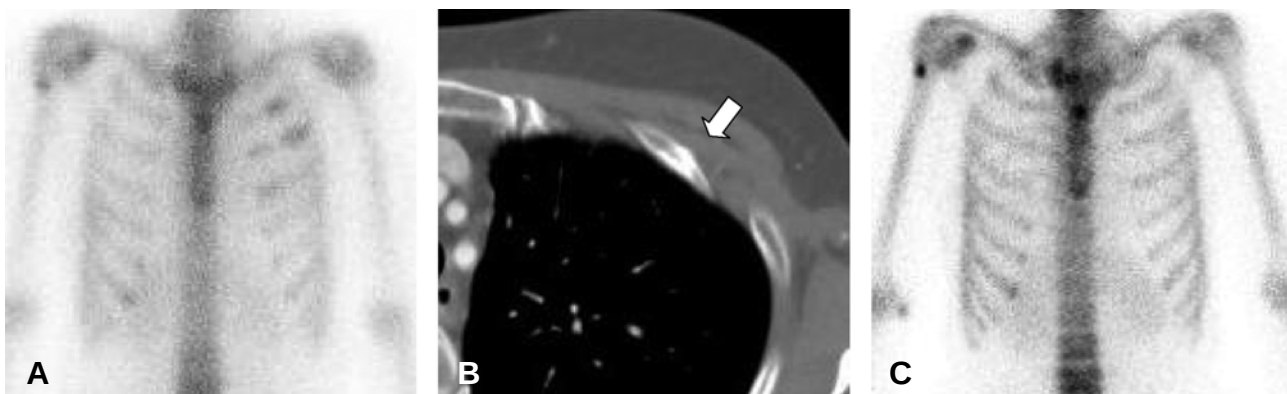


Figure 3. A 36 years old woman with left breast cancer underwent radiation therapy to the left chest wall, and supraclavicular and axillary regions after breast conserving procedure. One year after radiation therapy, bone scan (A) reveals two diffuse mild uptakes in anterior arc of the left 2nd and 3rd ribs. At the same period, chest CT (B) shows callus formations in the same sites (arrow). Two years later, follow-up bone scan (C) shows complete resolution of previous uptakes in the left 2nd and 3rd ribs.

Table 2. Characteristics of Rib Fractures on Follow-up Bone Scan in Breast Cancer Patients after Surgery and Radiation Therapy (n=106).

Number of rib fractures		
Time interval between RT ^{a)} and fracture (y)	0 - 1	2(1.9%)
	1 - 2	55(51.9%)
	2 - 3	35(33.0%)
	3 -	14(13.2%)
Uptake intensity	Mild	38(35.8%)
	Moderate	45(42.5%)
	Intense	23(21.7%)
Uptake pattern	Focal	94(88.7%)
	Diffuse	12(11.3%)
Change on follow-up bone scan after one year	Complete resolution	15(14.2%)
	Partial resolution	47(44.3%)
	No change	34(32.1%)
	Non-available	10(9.4%)

^{a)}Radiation therapy

4. 늑골골절의 골스캔 소견과 흉부CT 소견의 비교

총 106개의 늑골골절 중, 흉부CT에서 늑골에 골절선을 보인 것이 46개(43.4%)였고 늑골에 가골형성을 보인 것이 60개(56.6%)였다. 골스캔의 소견과 비교하여 늑골의 섭취 증가가 강할수록 흉부CT에서 늑골의 골절선이 더 많이 보이는 것으로 나타났으며($p=0.000$), 섭취증가가 국소형일 때가 확산형일 때 보다 늑골의 골절선이 유의하게 많이 나타났다($p=0.001$).

고 찰

이번 연구에서는 유방암 수술 후 방사선 치료를 받은 270예 중 50예(18.5%)에서 골스캔 상 동측 늑골에 섭취증가를 보이고 해당부위의 CT에서 늑골골절로 확인되었다. Overgaard 등은 유방암으로 방사선 치료를 받은 231명의 환자 중 59명(25.5%)의 환자에서 방사선 유발 늑골골절을 관찰하였고, 이는 총 방사선 조사량 및 분할조사량과 연관이 있다고 보고하였다.¹⁰⁾ 즉, 총 방사선 조사량과 분할 조사량이 큰 경우에 늑골골절 빈도가 높았다. 본 연구에서는 이 보다 약간 낮은 늑골골절의 빈도를 보였으며, 총방사선 조사량도 늑골골절이 발생한 군과 그렇지 않은 군 사이에 차이가 없었다. 이러한 차이는 대상군의 수술 술식, 방사선 치료 방법, 그리고 늑골골절의 진단방법이 다른데 기인한 것으로 보인다. Overgaard 등의 연구에서는 모든 대상환자에서 유방전절제술을 시행하고 흉벽 및 액와림프절과 쇄골상 림프절 부위에 방사선 치료를 일률적으로 시행하였으며, 단순 흉부방사선 사진으로 늑골골절을 진단하였다.

유방암에서 방사선치료는 유방보존수술을 시행한 경우 방사선이 동측 유방에 조사되며 종양제거 부위에 전자선이 추가조사 된다. 변형유방전절제술을 시행한 경우에는 종괴

의 크기가 4 cm이상이거나 흉벽 근육에 침윤하였거나 절제 연이 가깝거나 절제연에 종양세포가 있을 때 동측 흉벽에 방사선이 조사된다. 동측 액와 림프절 전이가 4개 이상 있는 경우에 동측 쇄골상 림프절부위에 방사선이 추가 조사되며, 액와 림프절전이가 있으면서 액와 림프절막이 침범된 경우에는 동측 액와에도 방사선이 추가 조사된다.¹¹⁾ 본 연구에서는 늑골골절이 발생한 군이 그렇지 않은 군에 비해 변형유방전절제술을 시행한 경우가 유의하게 높게 나타났는데, 이는 변형유방전절제술을 시행할 경우 방사선 조사가 흉벽에 직접 이루어지므로 유방보존수술보다 방사선이 늑골에 더 큰 영향을 미치기 때문인 것으로 보인다. 또한 늑골골절이 발생한 군이 그렇지 않은 군에 비해 액와 림프절이나 쇄골상 림프절 부위에 추가로 방사선치료를 한 경우가 유의하게 높게 나왔는데, 이는 방사선 치료범위가 겹칠 수 있고 이로 인해 해당 늑골부위의 총 방사선 조사량이 증가되기 때문으로 생각된다.

뼈에 방사선이 조사될 경우, 혈액을 형성하는 세포들의 괴사와 함께 골수에는 염증반응이 나타나게 되고, 조골세포, 골세포, 파골세포들도 모두 방사선에 민감하여 방사선 치료 후 초기에 괴사되며 골막에는 염증반응이 나타난다.¹²⁻¹⁴⁾ 그 후, 골수와 골막의 염증반응은 사라지게 되지만, 골수의 완전한 재생은 잘 일어나지 않는다. 방사선 치료 후 단기적으로는 혈관은 정상처럼 보일 수 있지만, 점진적으로 말초혈관염과 조직의 허혈이 발생하게 되고 모세혈관과 정맥동의 수가 감소하게 된다. 골막의 손상은 골의 혈관손상을 더욱 촉진시킨다. 허혈이 온 뼈는 쉽게 손상을 받을 수 있어, 골절과 뼈의 감염이 쉽게 일어나고, 치유가 느려지게 된다.¹⁵⁾ 일반적으로 골절 후 골스캔 소견의 변화는 약 90%의 골절은 2년 이내에 정상화 되며, 늑골골절의 경우 1년 이내에 79%가 정상화 되고 2년 이내에 93%가 정상화된

다.¹⁶⁾ 본 연구에서는 방사선 치료 후 1년에서 2년 사이에 늑골골절이 가장 많이 나타났으며, 1년 후 추적 골스캔 상 늑골골절의 섭취증가 정도의 변화가 완전히 사라진 것이 106개 중 15개(14.2%)로 정상화되는 비율이 확연히 낮았다. 이것은 방사선 치료에 의한 골의 손상이 앞서 기술한 바와 같이 수년에 걸쳐 서서히 일어나고 늑골의 골세포와 혈관이 손상을 받아 치유가 느려지기 때문인 것으로 사료된다.

늑골은 척추 등의 축골격계와 함께 골전이가 흔한 부위이며 골전이의 유무는 환자의 치료에 중요한 영향을 미친다. 골스캔에서 늑골에 섭취증가를 보일 때 감별하여야 할 것으로는 골전이, 골절, 골감염, 섬유성 이형성증, 단순 골낭종, 골연골종, 골내연골종, 연골육종 등이 있는데, 이 경우 흉부 X-선 촬영이나 CT, 자기공명영상, 조직검사 등을 이용하여 확진하게 된다. 흉부CT에서는 늑골의 급성 골절시 골절선이 보이며, 골절의 치유와 함께 가골형성이 나타난다. 가골형성은 골스캔에 수개월에서 수년간 섭취증가로 나타날 수 있다.¹⁷⁾ 골스캔상 늑골 섭취증가의 골전이와 골절의 감별점으로는 병변이 확산형이 아니고 국소형이며, 3-6개월내에 병변의 섭취증도가 감소하고, 다발성병변인 경우 일직선상으로 정렬되어 있으면 골절일 가능성이 많다.^{18,19)} Niitsu 등은 골스캔에서 늑골의 단일 섭취증가를 보이고 흉부 X-선 촬영에서는 정상소견을 보인 46명의 환자를 대상으로 흉부CT를 분석하였다.²⁰⁾ 그 결과 17명에서 골절선이나 가골형성을 보여 골절로 진단되었고, 4명이 골경화와 동반한 골용해성 소견이나 골파괴 소견을 보여 골전이로 진단되었다. 나머지 14명은 골수내 골경화소견을 보였고, 8명은 흉부CT에서 이상소견이 나타나지 않았다. 본 연구에서는 골스캔에서 늑골 섭취증가를 보인 74예 중 50예가 흉부CT에서 골절선이나 가골형성을 보여 늑골골절로 확인되었고, 11예에서 골수내 골경화 소견을 보였으며 5예에서는 이상소견을 찾을 수 없었다. 늑골골절의 골스캔 소견은 단일 병변(48.0%)이 가장 많았으며, 대부분의 병변이 국소형(87.5%)으로 나타나, 섭취증가가 주로 확산형으로 나타나는 골전이와 감별점을 보였다. 골스캔에서 늑골의 섭취증가 정도는 다양하게 나타났지만, 늑골의 섭취증가가 강할수록 흉부CT에서 늑골골절이 골절선으로 더 많이 나타났고 섭취증가가 국소형일 때가 확산형일 때 보다 골절선이 유의하게 많이 나타났다. 이는 흉부CT에서 골절선으로 보인 늑골골절이 가골형성으로 보인 것보다 급성병변이었기 때문인 것으로 생각된다.

무혈관성 골괴사는 대퇴골두에 가장 흔히 나타나지만 어느 뼈에나 나타날 수 있으며 방사선 치료 후 초기에 나타날 수 있다. 골괴사의 초기에는 사골과 정상 뼈의 밀도가 비슷

하여 발생 후 수주에서 수개월간 방사선 소견이 뚜렷하지 않을 수 있는데,²¹⁾ 골스캔에서는 골괴사의 초기에는 냉소로 나타나지만 1-3주 후에는 골의 재생과정으로 섭취증가로 나타난다.^{21,22)} 또한 골좌상이나 스트레스 골절, 골막염 시에도 방사선 소견이 뚜렷하지 않지만, 골스캔에서는 섭취증가로 나타날 수 있다.²³⁻²⁵⁾ 본 연구에서는 골스캔에서 늑골의 섭취증가가 보였지만 흉부CT에서는 골수내 골경화 소견만 보이거나 이상소견을 찾을 수 없었던 경우가 각각 11예와 5예가 있었다. 이들 16예에 있어서는 조직학적 검사가 이루어지지 않아 명확한 진단은 어렵지만, 추적 골스캔에서 섭취증가가 감소하거나 완전히 사라진 것과 이후 어떠한 골전이도 나타나지 않은 점으로 미루어, 이들은 방사선 치료로 인한 무혈관성 골괴사나 골좌상 또는 골막염 등의 양성 병변으로 추정할 수 있다.

이번 연구의 제한점은 추적 골스캔상 감별해야 할 골전이의 소견을 따로 분석하지 않고 처음부터 대상군에서 제외된 것이다. 처음 연구를 계획할 때 방사선 유발 골절의 골스캔 소견을 분석하는 것이 주 목적이어서 그렇게 하였으나, 같은 부위에서 발생한 골전이 예를 모아 비교 분석하였더라면 더 나은 감별점을 찾을 수 있지 않았을까 하는 아쉬움이 있다. 또한 후향적 연구여서 골절에 영향을 미칠 수 있는 골다공증의 위험인자인 폐경유무, 폐경기간, 흡연여부 등의 영향에 관하여는 자료가 미비하여 평가하지 못하였다.

결론적으로, 유방암절제술 후 방사선 치료를 시행한 환자의 골스캔에서 섭취 증가로 나타난 동측 늑골골절은 수술술식 및 방사선 치료 범위와 관련이 있으며, 방사선 유발 늑골골절로 생각된다. 방사선 유발 늑골골절은 골스캔에서 방사선 치료 후 1-2 년 사이에 가장 빈번하게 나타나며, 국소형으로 주로 한 개의 늑골에서 보이고, 발생시기에 따라 다양한 섭취증가 정도를 보이며, 골섭취의 정상화가 일반 늑골골절보다 느리다. 이러한 소견들은 골스캔으로 유방암 환자의 골전이를 평가할 때 도움이 될 것으로 사료된다.

요 약

목적: 본 연구는 유방암절제술 후 방사선 치료를 받은 환자에서 발생한 늑골골절의 골스캔 소견을 분석하고 방사선 치료와의 상관관계를 알아보고자 하였다. **대상 및 방법:** 유방암으로 수술 후 방사선 치료를 받고 추적 골스캔을 시행받은 270예를 대상으로 골스캔을 분석하였다. 골스캔에서 늑골의 섭취증가가 관찰 된 경우 흉부CT를 통해 늑골골절을 확인하였다. 늑골골절은 각 예의 총 방사선 조사량, 방사선 치료범위, 방사선 치료 당시 연령, 수술술식, 방사선

치료 후 늑골골절이 나타난 기간, 늑골골절의 개수, 위치, 골스캔에서의 섭취증가 정도, 유형과 변화양상을 분석하였다. **결과:** 방사선 치료 후 추적관찰 중 시행된 골스캔 검사에서 방사선 치료를 시행한 쪽의 늑골에 비정상적인 섭취증가를 보인 예는 총 270예 중 74예(27.4%)였으며, 이 중 흉부CT에서 늑골골절로 확인된 예는 50예(18.5%)였다. 늑골골절이 발생한 군이 그렇지 않은 군에 비해 변형유방전절제술을 시행한 경우가 유의하게 높았고(66.0% vs. 27.0%, $p=0.000$), 늑골골절이 발생한 군이 그렇지 않은 군에 비해 액와림프절이나 쇄골상림프절 부위에 추가로 방사선치료를 한 경우가 유의하게 높았다(62.0% vs. 28.6%, $p=0.000$). 늑골골절이 발생한 50예 중 총 106개의 늑골골절이 확인되었고, 단일 늑골골절이 24예(48.0%)에서 발생해 가장 많았다. 방사선 치료 후 골스캔에서 늑골골절이 나타나기까지의 기간은 1년에서 2년 사이가 55개(51.9%)로 가장 많았다. 섭취증가의 유형은 국소형(88.7%)이 확산형(11.3%)보다 많이 나타났고, 1년 후 추적 골스캔에서 섭취증가 정도의 변화는 완전히 사라진 것이 15개(14.2%)였다. 골스캔의 소견과 흉부CT를 비교하여 늑골의 섭취증가가 강할수록 흉부CT에서 늑골의 골절선이 더 많이 보이는 것으로 나타났으며($p=0.000$), 섭취증가가 국소형일 때가 확산형일 때 보다 늑골의 골절선이 유의하게 많이 나타났다($p=0.001$). **결론:** 유방암절제술 후 방사선치료를 시행한 환자의 골스캔에서 섭취 증가로 나타난 동측 늑골골절은 수술술식 및 방사선 치료 범위와 관련이 있으며, 방사선치료 후 1-2 년 사이에 가장 빈번하게 나타나며, 국소형으로 주로 한 개의 늑골에서 보인다. 이러한 소견들은 골스캔으로 유방암 환자의 골전이를 평가할 때 도움이 될 것으로 생각된다.

References

1. National Health Insurance Corporation. *National Health Insurance Statistical Yearbook* ;2005. p. 9-17.
2. Goldhirsch A, Gelber RD, Castiglione M. Relapse of breast cancer after adjuvant treatment in premenopausal and perimenopausal women: patterns and prognoses. *J Clin Oncol* 1997;6:89-97.
3. Kamby K, Senegelo L. Pattern of dissemination and survival following isolated locoregional recurrence of breast cancer: a prospective study with more than 10 years of follow-up. *Breast Cancer Res Treat* 1997;45:181-92.
4. Maffioli L, Florimonte L, Pagani L, Butti I, Roca I. Current role of bone scan with phosphonates in the follow-up of breast cancer. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2004;31(Suppl 1):S143-8.
5. Hamaoka T, Madewell JE, Podoloff DA, Hortobagyi GN, Ueno NT. Bone imaging in metastatic breast cancer. *J Clin Oncol* 2004;22:2942-53.
6. Ferguson DJ, Sutton HG, Dawson PJ. Late effects of adjuvant radiotherapy for breast cancer. *Cancer* 1984;54: 2319-23.
7. Libshitz HI. Radiation changes in bone. *Semi Roentgenol* 1994;29:15-37.
8. Bragg DG, Shidnia H, Chu FCH, Higinbotham NL. The clinical and radiographic aspects of radiation osteitis. *Radiology* 1970; 97:103-11.
9. Pierce SM, Recht A, Lingos TI, Abner A, Vicini F, Silver B, et al. Long-term radiation complications following conservative surgery and radiation therapy in patients with early stage breast cancer. *Int J Radiation Oncology Biol Phys* 1992;23:915-23.
10. Overgaard M. Spontaneous radiation-induced rib fractures in breast cancer patients treated with postmastectomy irradiation. *Acta Ocol* 1988;27:117-22.
11. Bellon JR, Katz A, Taghian A. Radiation therapy for breast cancer. *Hematol Oncol Clin N Am* 2006;20:239-57.
12. Phemister DB. Radium necrosis of bone. *Am J Roentgenol* 1926;16:340-8.
13. Sams A. The effect of 2000 r of x-rays on the internal structure of the mouse tibia. *Int J Radiat Biol Relat Stud Phys Chem Med* 1966;11:51-68.
14. Kok G. Spontaneous fractures of the femoral neck after the intensive irradiation of carcinoma of the uterus. *Acta Radiol* 1953;40:511-27.
15. Fajardo LF. *Pathology of Radiation Injury*. New York: Masson; 1982. p. 176-86.
16. Gumerman LW, Fogel SR, Goodman MA. Experimental fracture healing: evaluation using radionuclide bone imaging. *J Nucl Med* 1978;19:1320-3.
17. Maeseneer MD, Mey JD, Lenchik L, Hendrik E, Osteaux M. Helical CT of rib lesion: a pattern-based approach. *Am J Roentgenol* 2004;182:173-9.
18. Kara G, Bozkurt MF, Ozcan PP, Caner B. Solitary rib lesions in bone scans of patients with breast carcinoma. *Nucl Med Commun* 2003;24:887-92.
19. Park HG, Lee DS, Lee MC, Cho BY, Koh CS. Evaluation of the rib lesions by bone scanning. *Nucl Med Mol Imaging* 1983;17:63-9.
20. Niitsu M, Takeda T. Solitary hot spots in the ribs on bone scan: value of thin-section reformatted computed tomography to exclude radiography-negative fractures. *J Comput Assist Tomogr* 2003;27: 469-74.
21. Kulkarni MV, Tarr RR, Kim EE, McArdle CB, Partain CL. Potential pitfalls of magnetic resonance imaging in the diagnosis of avascular necrosis. *J Nucl Med* 1987;28: 1052-4.
22. Gaze MN, Neville E, Rooke HW. Bone scan hot spots in a patient with lung cancer: ischemic necrosis of bone mimicking metastatic carcinoma. *Clin Oncol* 1991;3:177-9.
23. Chen HHW, Su WC, GUO HR, Lee BF, Su WR, Wu PS, et al. Clinical significance and outcome of one or two rib lesions on bone scans in breast cancer patients without known metastases. *Nucl Med Commun* 2003;24:1167-74.
24. Connolly LP, Connolly SA. Rib stress fracture. *Clin Nucl Med* 2004;29:614-6.
25. Vandemergel X, Blocklet D, Decaux G. Periostitis and hypertrophic osteoarthropathy: etiologies and bone scan patterns in 115 cases. *Eur J Intern Med* 2004;15:375-80.