

골스캔상 늑골병변의 감별진단에 관한 관찰

서울대학교 의과대학 내과학교실

박형근 · 이동수 · 이명철 · 조보연 · 고창순

= Abstract =

Evaluation of the Rib Lesions by Bone Scanning

Hyung Gun Park, M.D., Dong Soo Lee, M.D., Myung Chul Lee, M.D.

Bo Youn Cho, M.D. and Chang Soon Koh, M.D.

Department of Internal Medicine, College of Medicine, Seoul National University

In order to establish criteria for distinguishing between occult fracture and metastases, we have reviewed 52 records of cancer patients and 24 of rib fracture patients referred for bone scanning.

In 52 patients with biopsy-proven malignancy, multiple linear increased uptake of the ribs was found in 32 cases(61.5%), and was the most common finding.

In 24 patients with rib fracture, all but 1 had focal increased uptake of the ribs, and lesions almost always aligned in a row.

By analyzing the appearance of rib lesions in total 76 patients, it was concluded that there is a high probability that rib lesions detected by bone scanning are bony metastases if 1) they are multiple linear as opposed to focal, and 2) they are not aligned in the same location.

서 론

골 특히 늑골은 악성종양의 전이가 가장 많이 일어나는 부위이며¹⁾, 악성종양환자에서 골전이가의 의심되는 환자의 평가에 골스캔은 가장 예민하고 중요한 검사법임이 잘 알려져 있다^{2~8)}.

그러나 방사성 동위원소스캔상 골섭취가 증가된 국소부위를 발견하는 것은 용이하나 이는 비특이적이기 때문에 양성이나 악성골질환에 유사한 스캔소견을 보이고 특히 골스캔상 늑골에서의 국소 뼈섭취소견은 골절과 골전이의 감별이 어렵다^{9,10)}.

이에 저자들은 골스캔상 늑골병변의 감별에 관한 소견을 비교관찰하고자 조직생검 또는 수술후 병리조직검사로 확인된 각종 악성종양환자중 X선검사 및 임상

적으로 늑골전이의 소견을 보이고 골절의 증거가 없음이 확인된 환자와 골의상 후 X선검사상등으로 늑골절로 판명된 환자를 대상으로 골스캔을 시행하여 늑골의 국소뼈섭취소견을 비교검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었기에 보고하는 바이다.

대 상

1980년 1월부터 1983년 1월까지 서울대학교병원에 내원하여 조직생검 또는 수술 후 병리조직검사로 확인된 각종 악성종양환자에서 골전이 여부 및 골전이의 범위를 알기 위하여 골스캔을 시행한 환자중 X선검사 및 임상적으로 늑골전이의 소견을 보이고 골절의 증거가 없음이 확인된 52예와 골의상 후 X선검사상 늑골절의 유무를 위해 골스캔을 시행한 24예, 총 76예를 대상으로 하였다.

각종 악성종양환자 52예를 원발장기에 따라 구분하

* 본 연구는 1983년도 서울대학교병원 특진연구비의 보조로 이루어진 것임.

Table 1. Distribution of Cancer Types

Breast	16
Lung	13
G-I	8
Cervix	4
Bone	3
Prostate	2
Lymphoma & Leukemia	2
Other	4
Total	52

Table 2. Result of Bone Scan in the Metastasis

	Linear	Focal	Total
Multiple	32	7	39(75.0%)
Single	7	6	13(25.0%)
Total	39(75.0%)	13(25.0%)	52(100.0%)

면 유방암 16예, 폐암 13예, 위장관암 8예(위암 6예, 식도암 1예, 직장암 1예), 자궁암 4예, 골암 3예, 전립선암 2예, 백혈병 및 임파종 각각 1예, 기타 4예이었다(Table 1).

방 법

골스캔은 $^{99m}\text{Tc-MDP}$ (Methylene diphosphonate)를 10~20 mCi 정맥주사하고 2~4시간 경과한 후 배뇨를 시키고 Ohio Nuclear 410 gamma camera로 전신골스캔을 시행하였다. 통상 전신의 전신골격주사와 부위별로 두경부, 흉부 및 골반부의 전후면으로 촬영하였으며 의심스러운 부위는 사위면을 추가하거나 확대 촬영하였다. 이때 사용한 collimator는 직경 14.7 inch며 한 화면의 계수를 약 40만정도로 하였고 흉부후면을 스캔한 후 나머지 부위들은 처음 소요된 시간동안 촬영하였으며 필요한 경우에는 pinhole collimator를 사용하였다.

골스캔상 핵골병변의 관독결과는 방사성 동위원소의 섭취양상(선상, 촛점상) 및 병변수(단발성, 다발성)에 따라 구분하였고 특히 골스캔상 다발성 핵골섭취소견을 보인 각종 악성종양환자 52예에서는 개개의 핵골병변을 섭취양상에 따라 구분하여 보았다. 그리고, 각종 악성종양환자에서 골스캔은 방사선치료 및 화학요법 실시 전에 시행하였다.

Table 3. Scintigraphic Findings of Individual Rib Lesions in the Multiple Rib Metastasis

Type	No. of patient	No. of anatomical site		Total
		Linear	Focal	
Breast	10	41	22	63
Lung	9	28	8	36
G-I	6	10	3	13
Cervix	4	17	2	19
Bone	2	7	2	9
Prostate	2	7	0	7
Lymphoma & Leukemia	2	10	0	10
Other	4	15	5	20
Total	30	135 (75.1%)	42 (24.9%)	177 (100.0%)

결 과

각종 악성종양환자 52예의 골스캔상 핵골의 국소섭취는 다발성병변을 보인 예가 39예(75.0%), 단발성병변을 보인 예가 13예(25.0%)로 다발성병변이 유의하게 높았으며 다발성병변을 보인 39예중 선상병변이 32예(82.1%), 촛점상병변이 7예(17.9%)로써 선상병변이 월등히 많았고 단발성병변 13예는 각각 7예(53.9%), 6예(46.1%)로 두군사이에는 유의한 차이가 없었다. 여기서 종합하여 분류하면 다발성이며 선상병변(그림 1)이 32예(61.5%)로 가장 많았으며 다발성이며 촛점상병변(그림 2) 및 단발성이며 선상병변(그림 3)이 각각 7예(13.5%), 단발성이며 촛점상병변(그림 4)이 6예(11.5%)로 나타났다(Table 2).

그리고 각종 악성종양환자 52예중 다발성으로 나타난 39예(75.0%)에서 개개의 핵골병변으로 구분하여 보면 177개병변중 선상인 병변이 135개(75.1%), 촛점상병변이 42개(24.9%)로 역시 촛점상병변보다 선상병변이 많음을 알 수 있었다(Table 3).

핵골골절 24예의 골스캔상 핵골의 국소섭취는 다발성병변을 보인 예가 5예(20.8%), 단발성병변을 보인 예가 19예(79.2%)로 다발성병변을 보인 5예는 모두 촛점상병변을 나타내었고 선상병변은 1예도 없었다. 또 단발성병변을 보인 19예중 1예의 선상병변을 제외하고는 모두 촛점상병변으로 나타났다. 역시 종합하여 분류하면 단발성이며 촛점상병변이 18예(75.0%)로 가장 많았으며 다발성이며 촛점상병변 5예, 단발성



Fig. 1. Multiple linear uptake.

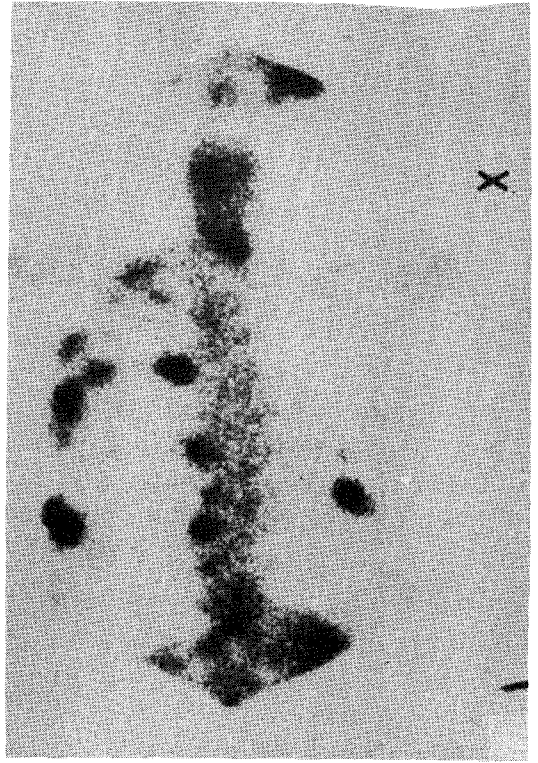


Fig. 2. Multiple focal uptake.



Fig. 3. Single linear uptake.

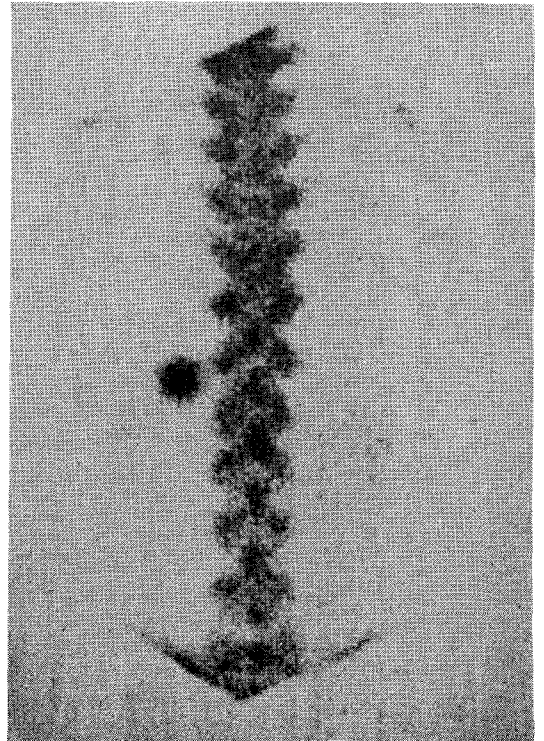


Fig. 4. Single focal uptake.

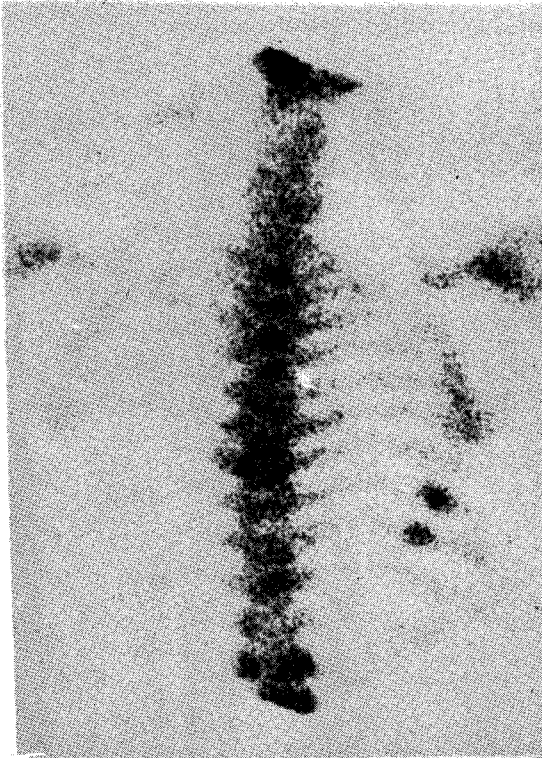


Fig. 5. Multiple focal uptake, alignment(+).

Table 4. Result of Bone Scan in the Fracture

	Linear	Focal	Total
Multiple	50	5	5(20.8%)
Single	1	18	19(79.2%)
Total	1(4.2%)	23(95.8%)	24(100.0%)

이며 선상병변 1예, 다발성이며 선상병변은 1예도 없었다(Table 4).

그리고, 골스캔을 실시한 총 76예중 스캔상에서 그림 5와 같이 다발성 국소뼈섭취조건을 보인 각종 악성 종양의 예에서는 병변들이 정렬되어 있지 않는 반면 골절의 예에서는 거의 일직선으로 정렬되어 있음을 관찰할 수 있었다.

고 안

1972년 Subramanian 등이 ^{99m}Tc-polyphosphate를 골스캔에 처음 사용한 후 골스캔의 획기적 발전이 이루어졌다¹¹⁾. ^{99m}Tc은 감마에너지의 강도가 140 KeV이

고 반감기가 6시간정도로 골스캔에 적합한 물리적 특성을 가지고 있고 그의 인산복합체는 우수한 생물학적 분포와 표지된 약리학적 특성때문에 방사선조사를 현저히 감소시키면서 해상력이 좋은 스캔을 얻을 수 있다. 골주사에 사용되는 인산복합체로는 polyphosphate 외에 diphosphonate, pyrophosphate 등이 있으며 특히 diphosphonate는 결합 후 대사에 관여하는 효소가 작용하지 못하므로 현재까지 발견된 골스캔제중 가장 우수한 것으로 알려져 있다^{12,13)}.

^{99m}Tc-인산복합체는 혈관내에서 골병소로 운반된 후 골병변으로 인한 골의 보수과정에서 생기는 반응성 신생골에 섭취된다. 이 과정은 아직 정확히 밝혀지지 않았으나 hydroxyapatite crystal의 칼슘과 수산이온의 치환과 관련되어 친화력을 가지며¹⁴⁾ immature collagen에도 섭취되는 것으로 알려져 있다^{15,16)}. 따라서 신생골 및 골재형성이 왕성한 곳에는 어디나 높은 섭취율을 나타내는 동시에 다른 곳에 비하여 혈관이 풍부하여 혈류량이 많은 곳에도 역시 높은 섭취율을 나타내어 열소로 나타난다^{13,17)}.

이러한 ^{99m}Tc-인산복합체 특히 ^{99m}Tc-MDP를 이용한 골스캔이 악성 종양의 골전이 조기진발과 질환경과에 따른 환자의 평가에 가장 예민하고 정확한 방법임은 이미 여러 문헌에 보고된 바 있다^{2~8)}. 더 나아가 골스캔은 X선검사서서 골전이 발견되기 전에 양성으로 나타난다.

Krishnamurthy¹¹⁾등이 보고한 바에 의하면 환자가 생존시 확인되는 각종 악성종양의 골전이 분포양상은 모든 골전이 병소중 거의 80%가 축골격(axial skeleton)에 나타나는데 이중 28%는 늑골과 흉골, 39%는 척추, 12%는 골반에 나타난다. 두개골에는 단지 10%만이 나타나며 장골에는 두개골보다 비슷한 비율로 나타나는데 원위부보다 근위부에 많이 침범된다.

골전이에서 골스캔상 가장 흔히 관찰되는 소견으로는 골스캔제의 다발성 국소뼈섭취증가를 들 수 있다. 그러나 악성종양의 6~8%환자에서는 다발성보다도 단일국소뼈섭취의 증가소견을 보이며 이러한 경우 늑골병변을 제외하고는 단지 골병변의 약 60%가 악성종양이고 그외에 나머지 단일 골병변은 외상이나 수술적조작(25%), 감염(10%) 및 기타질환(15%)에 의한다고 보고되고 있다^{9,10)}. 모든 원인의 단일 골병변은 일반적으로 64%가 중추골에 나타나고 나머지 병변들은 두개골과 장골에 나타나는데 장골에서 두개골보다 2배가량 흔히 나타난다. 만약 침범된 부위의 X선검사상 악성이나 양성질환으로의 감별소견이 없으면 이러한 단일

골병변의 원인을 결정하는 것은 매우 어렵다. 그러므로 골스캔상 발견되는 단일골병변을 가진 환자에서 병변의 원인이 병리학적으로 확진되지 않는 한 치료방침 결정에 도움되지 않는다.

이와같이 일반적으로 방사성동위원소의 뼈섭취가 증가된 국소부위를 발견하는 것은 용이하나 아주비특이적이기 때문에 양성이나 악성골질환에서 유사한 스캔소견을 보이므로 골스캔은 모든 가능한 임상적 자료를 참고로하여 판독하여야 하며 일반적으로 특이성을 높이기 위하여 X선소견과도 비교하여 판독하여야 한다. 저자들의 경우 늑골병변에 국한된 보고이지만 이러한 판독상의 어려움을 극복코자는데 의의가 있다.

골스캔에 열소로 나타날 수 있는 양성병소로는 퇴행성질환, 골수염, 골절, 대사성골질환, Paget씨병등을 들수 있는데 40대이후의 성인에서 비정상적 골섭취의 가장 흔한 원인은 퇴행성관절질환으로 이 경우 특징적인 소견은 추적자의 경미한 섭취로 경추, 중흉추, 요추, 견갑관절, 슬관절, 거관절에 주로 침범하여 X선상 뚜렷한 변화를 나타낸다. 그 다음으로 골전이와 감별이 어려운 원인은 골절로써 늑골골절이 늑골전이병소와 가자 감별이 어려운 부위이다¹⁸⁾. 늑골골절은 흔히 병력상 뚜렷한 외상의 증거가 없을 뿐만 아니라 통증을 동반하는 경우가 거의 없고 X선검사상 흔히 음성으로 나타난다.

골절이 의심되는 경우 일차적인 검사는 X선검사이며 임상소견과 X선검사에 의하여 일반적으로 진단이 가능하나 미세하거나 불완전한 골절 즉, 골골절(greenstick fracture), 스트레스골절, 열구골절(fissure fracture)인 경우 잘 확인하기가 어려운 실정이다^{19,20)}. 이와같이 처음 X선상 발견할 수 없었는데 골스캔으로 진단할 수 있는 손상의 범주를 잠복골절이라고 한다. 그러나 이런 경우 모두가 골절이 아니기 때문에 Philip Martin²¹⁾은 잠복골손상(occult skeletal injury)이라 칭하고 있다.

골스캔은 골절이나 그의 골손상을 발견하는데 매우 예민한 검사법으로 최근에는 X선상 불확실한 골외상에 골스캔의 이용이 점차 증가하는 추세이다^{19~23)}. Iimori²⁷⁾등은 182명의 외상환자에서 ^{99m}Tc-pyrophosphate로 골스캔을 시행하여 같은 날에 촬영한 X선검사와 비교하여 본 결과 X선검사상 음성으로 판독된 환자들중 44%에서 골스캔상 양성으로 나타났다. 골스캔은 특히 고식적인 X선검사상 골손상을 발견키 어려운 부위인 늑골, 손, 발 및 두개골에서의 골절발견에 유용하였다. 저자들의 경우 외상후 X선검사상 골절이

불확실한 환자에서 골스캔상 양성으로 나타난 환자들만 선택해서 대상으로 삼았기 때문에 전체적인 예민도를 산출할 수는 없었으나 골스캔이 골절발견에 X선검사보다 예민함을 알 수 있었다.

골절에서 골스캔상 양성소견을 보이는 것은 손상후 보통 24시간이내에 시작되며 점차 증가하여 수개월후에 최고에 도달한다. 그후 점차 감소하여 1년정도에 정상스캔소견을 보인다. 특히 늑골골절의 경우는 다른 부위보다 조속히 치유되어 정상으로 돌아오며 간혹 추적자의 축적이 수년동안 지속되기도 한다^{24~26)}.

앞에서 기술한 바와 같이 늑골부위의 골절은 골스캔상 골전이와 감별이 가장 어려운 것 중의 하나로써, 최근 Harbert¹⁹⁾등은 골스캔상 골전이 조사에서 늑골골절의 빈도결정 및 잠복골절과 골전이의 감별을 위한 기준설정을 위하여 병리조직학적으로 확진된 각종 악성종양환자에서 골스캔상 늑골에 국소뼈섭취를 보인 103예중 반복검사가 가능하였던 69예를 분석하여 다음과 같이 보고하였다. 즉 골절에서는 골스캔상 전례에서 쏙점상병변을 보였고 시간이 경과함에 따라 섭취정도가 감소하였으며 골스캔상 정상스캔상을 보인 시간은 2~14개월로 평균 6개월이었다. 반면 골전이환자 25예중 5예에서 단발성, 나머지 20예에서 다발성이었다. 약 반수에서 골스캔상 선상병변으로 보였고 관찰기간동안 강도의 감소를 보인 예는 1예도 없었다.

이상의 결과에서 골스캔상 늑골골절의 판독기준으로 병변이 선상이 아니고 쏙점상이며, 3~6개월내에 병변의 섭취정도가 감소하고, 다발성병변인 경우 일직선으로 정렬되어 있으면 골절일 가능성이 있다고 보고하였다.

저자들의 예는 거의 모두 추적검사를 시행하지 못하여 늑골의 골절이 여부를 정확히 구분하기에는 다소 문제가 있으나 각종 악성종양환자에서 다발성이며 선상병변이 61.5%로 가장 많이 나타나는 것은 Harbert¹⁹⁾ 등의 보고와 비교하면 매우 비슷한 결과를 보였고 다발성병변으로 나타난 각종 악성종양환자군에서 개개의 늑골병변으로 구별하여 검토한 결과에서도 쏙점상병변에 비하여 선상병변이 3배가량 많이 나타나는 것으로 비추어 보아 골스캔상 늑골전이의 판정기준으로 i) X선검사상 골절의 증거가 없이 용해성이나 아세포성병변을 보이고, ii) 골스캔상 다발성으로 국소뼈섭취를 보이면서 쏙점상병변보다 차라리 선상으로 나타나는 점등을 들수 있었다.

외상후 골스캔상 늑골골절로 확인된 환자 24예에서도 시간의 경과에 따른 강도와 병변수의 변화를 추적

검사로 확인하지 못하였으나 다발성 및 단발성병변에 관계없이 1예를 제외한 모든 예에서 촛점상병변으로 나타나고, 다발성병변인 경우 일직선으로 정렬되어 있다는 점으로 골스캔상 골절의 판독기준으로 삼을 수 있을 것 같다. 한편, 골스캔상 단발성이며 선상병변인 예에서는 위의 판정기준으로 미루어 볼 때 악성종양의 골절이로 판독할 수 있을 것 같다. 또 다발성이며 촛점상병변 및 단발성이며 촛점상병변의 예에서는 다른 골에 뚜렷한 골절이 동반되어 있다면 늑골전이로 판독할 수 있으나 그렇지 않을 경우 환자의 치료방침 결정을 위하여 시간적 경과에 따른 추적검사 및 좀 더 적극적인 방법(생검등)으로 확진이 필요할 것으로 사료되며, 또한 모든 각종 악성종양환자의 골스캔상 늑골병변의 판독에 있어서 세심한 주의를 기울여야 한다고 생각된다.

결 론

저자들은 골스캔상 늑골병변의 감별에 관한 소견을 관찰하고자 1980년 1월부터 1983년 1월까지 병리조직학으로 확진된 각종 악성종양환자중 X선검사 및 임상적으로 늑골전이의 소견을 보이고 골절의 증거가 없음이 확인된 52예와 의상 후 X선검사상 골절이 확실한 24예를 대상으로 골스캔을 시행하여 늑골의 국소뼈취소견을 비교검토한 결과 아래와 같은 결과를 얻었다.

1) 각종 악성종양 52예의 골스캔상 늑골의 국소뼈취는 다발성이며 선상병변 32예, 단발성이며 촛점상병변 및 단발성이며 선상병변이 각각 7예, 단발성이며 촛점상병변 6예이었다.

2) 각종 악성종양 52예중 다발성으로 나타난 39예(75.0%)의 177개 병변을 구분하면 선상인 병변 135개, 촛점상병변 42예이었다.

3) 늑골골절 24예의 골스캔상 국소뼈취는 단발성이며 촛점상병변이 18예, 다발성이며 촛점상병변이 5예, 단발성이며 선상병변이 1예였고 다발성이며 선상병변은 1예도 없었다.

4) 다발성 국소뼈취소견을 보인 경우 악성종양의 예에서는 병변들이 정렬되어 있지 않는 반면 골절의 예에서는 일직선으로 정렬되어 있음을 알았다.

이상의 결과에서, 골스캔상 다발성이며 선상으로 뼈취를 나타내고 병변들이 일직선으로 정렬되어 있지 않는 예는 악성종양의 늑골전이의 높은 가능성을 나타낸다고 결론 지을 수 있겠다.

REFERENCES

- 1) Krishnamurthy, G.T., Tubis, M., Hiss, J., et al.: *Distribution pattern of metastatic bone disease. A need for total body skeletal image. J.A.M.A., 237:2504, 1977.*
- 2) M.V. Merrick: *Review article-Bone scanning. Br. J. Radiol., 48:327-351, 1975.*
- 3) Brain C. Lentle, Anthony S. Russell, John S. Percy, John R. Scott and Frankl. Jackson: *Bone Scintiscanning updated. Ann. Int. Med., 84:297-303, 1976.*
- 4) Barbara J. McNeil: *Rationale for the use of bone scans in selected metastatic and primary bone tumors. Semin. Nucl. Med., 8:336-345, 1978*
- 5) Bell, E.G. and Subramanian, G.: *The skeleton. In Rocha AFG, Harbert JC(eds): Textbook of nuclear medicine: Clinical applications. Philadelphia, Lea and Febiger, 1979. pp.109-128.*
- 6) Belliven, R.E. and Spencer, R.P.: *Incidence and sites of bone lesions detected by ^{99m}Tc-polyphosphate scans in patients with tumors. Cancer, 36:359, 1975.*
- 7) Pistenma, D.A., McDougall, I.R. and Kriss, J.P.: *Screening for bone metastasis: Are only scans necessary? J.A.M.A., 231:46, 1975.*
- 8) Citrin, D.L., Bessent, R.G. and Greig, W.R.: *A comparison of the sensitivity and accuracy of the ^{99m}Tc-phosphate bone scan and skeletal radiograph in the diagnosis of bone metastases. Clin. Radiol., 28:107, 1977.*
- 9) Corcoran, R.J., Thrall, J.H., Kyle, R.W., et al.: *Solitary abnormalities in bone scans of patients with extraosseous malignancies. Radiology, 121:663, 1976.*
- 10) Shirazi, P.H., Rayudu, G.V.S. and Fordham, E.W.: *Review of solitary ¹⁸F bone scan lesions. Radiology, 112:369, 1974.*
- 11) Subramanian, G., McAfee, J.G., Bell, E.G., et al.: *^{99m}Tc labeled polyphosphate as a skeletal imaging agent. Radiology, 102:701, 1972.*
- 12) Subramanian, G., McAfee, J.G., Blair, R.J.,

- Kallfelz, F.A. and Thomas, F.D.: *Technetium-99m-Methylenediphosphonate-A superior agent for skeletal imaging; Comparison with other technetium complexes.* *J. Nucl. Med.*, 16:744-755, 1975.
- 13) Alun G. Jones, Marion D. Francis and Michael A. Davis Bone Scanning: *Radionuclidic reaction mechanisms.* *Semin. Nucl. Med.*, 6:3-18, 1976.
- 14) Fleish, H., Russel, R.G.G. and Francis, M.D.: *Diphosphonates inhibit hydroxyapatite dissolution in vitro and bone resorption in tissue culture and in vivo.* *Science*, 165:1262-1264, 1969.
- 15) Rosenthal, L. and Kaye, M.: *Technetium-99m-pyrophosphate kinetics and imaging in metabolic bone disease.* *J. Nucl. Med.*, 16:33-39, 1975.
- 16) Kaye, M., Silverton, S. and Rosenthal, L.: *Technetium-99m-pyrophosphate: Studies in vivo and in vitro.* *J. Nucl. Med.*, 16:40-45, 1975.
- 17) Genant, H.K.: *Bone-seeking radionuclides: An in vivo study of factors affecting skeletal uptake.* *Radiology* 113:373, 1974.
- 18) John C. Harbert, Francis H. George and Michael L. Kerner: *Differentiation of rib fracture from metastases by bone scanning.* *Clin. Nucl. Med.*, 6:359-361, 1981.
- 19) Rosenthal, L., Hill, R.O. and Chuang, S.: *Observation on use of ^{99m}Tc-phosphate imaging in peripheral bone trauma.* *Radiology*, 119:637, 1976.
- 20) Marty, R., Denny, J.D. and Mokamey, M.R.: *Bone trauma and related benign disease: Assessment by bone scanning.* *Semin. Nucl. Med.*, 6:107-120, 1976.
- 21) Philip Martin: *Bone scintigraphy in the diagnosis and management of traumatic injury.* *Semin. Nucl. Med.* 13:104-122, 1983.
- 22) Silberstein, E.B.: *Nuclear orthopedics.* *J. Nucl. Med.* 21:997-999, 1980.
- 23) Rosenthal, L. and Lisbona, R.: *Role of radionuclide imaging in benign bone and joint disease of orthopedic interest.* *Nuclear Medicine Annual, New York, Raven Press, 1980.*
- 24) Matin, P.: *Appearance of bone scans following fracture: including immediate and long-term studies.* *J. Nucl. Med.*, 20:1227-1231, 1979.
- 25) Wahner, H.W.: *Radionuclides in the diagnosis of fracture healing.* *J. Nucl. Med.* 19:1356-1358, 1978.
- 26) Gumernan, L.W., Fogel, S.R., Goodman, M.A., et al.: *Experimental fracture healing: Evaluation using radionuclide bone imaging.* *J. Nucl. Med.*, 19:1320-1323, 1978.
- 27) Iimori, M., Hisada, K. and Suzuki, Y.: *Technetium-99m pyrophosphate bone scanning in evaluation of trauma.* *J. Nucl. Med.*, 16:538, 1975(abstract).