

대퇴경부 골절시 동위원소 섭취율의 시간적 변화와 예견

국립의료원 정형외과

김기용 · 김영태 · 윤형구 · 권삼주

— Abstract —

The Sequential Change of Isotope Uptake Ratio in Femur Neck Fracture

Key Yong Kim, M.D., Yung Tae Kim, M.D., Hyung Ku Yoon, M.D. and Sam Joo Kwon, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, National Medical Center, Seoul, Korea

In spite of recent development in fixation technique we still have lots of complication including avascular necrosis of femoral head. For many years, orthopaedic surgeon have been searching for a simple, safe, accurate and reliable clinical test to assess the vascular status of the femoral head. In early detection of viability of the femoral head, nothing is more certain than bone scan at the moment. Bone scan can detect or predict the viability of the femoral head.

Subramanian and McAfee introduced ^{99m}Tc -Sn-polyphosphate as a bone seeking agents. We applied serial bone scan in 19 cases of femur neck fractures from 1982 to 1985 at the department of orthopaedic surgery, National Medical Center.

The results were as follows;

1. The uptake ratio of displaced and undisplaced group based on preoperative radiography was 1.20, 1.46, 1.52, 1.55, and 0.63, 1.23, 1.81, 1.58 in average in postoperative bone scan interval 1-2 wks, 3 months, 6 months, 12 months. The bone scan uptake ratio was lower in the former than the latter, but after 3 months, there was no remarkable difference between them.
2. At the time of 1 to 2 weeks, 3 months, 6 months and 12 months, uneventful group was 0.74, 1.27, 1.72, 1.62 and avascular necrosis group 0.13, 0.18, 0.30, 0.67 in the uptake ratio. In 2 cases of avascular necrosis, the uptake ratio was markedly decreased.
3. There was no difference between the group operated within 48 hour after injury and the group delayed later.

Key Words: Bone scan, Viability of head, Femur neck fracture.

서 론

무혈성괴사, 불유합등의 합병증을 동반하는 대퇴경부 골절의 후유증에 대한 조기예견은 많은 발전에도 불구하고 아직도 논란의 대상이 되고 있다.

대퇴골두의 생존을 조기 예견하기 위하여 1953년 Rook²⁾은 arteriography, 1955년 Boyd⁴⁾는 ^{32}P , 1956년 Hulth¹⁾는 Venography, 1965년 Holmquist와 Alfram¹⁰⁾은 I^{131} , 1970년 Eegholm⁷⁾은 I^{131} labelled albumin, I^{131} labelled antipyrine과 Xe^{133} , 1972년 Shoji¹⁴⁾는 Sr^{90} 을 이용하였으나, 기술적인 복잡성, 관독의 어려움, 고가의 가격, 수술적인 조작때문에

널리 호응을 얻지 못하였다.

1971년 Subramanian과 McAfee²⁷⁾ 등이 ^{99m}Tc polyphosphate을 이용한 골주사를 사용한 후 임상적으로 많이 사용되었으며, 1983년 Turner³⁰⁾ 등은 골주사를 임상에 도입하였다.

골주사는 특이성은 낮으나 예민도가 높아 조기진단에 이용가치가 높은 바 본 교실에서는 1982년 11월부터 1985년 11월까지 ^{99m}Tc MDP를 이용한 골주사로 1.5년 이상 추시가 가능하였던 신선대퇴경부골절 19예에 대하여 일련의 골주사가 예후를 예견할 수 있는지에 관하여 임상분석하여 문헌고찰과 함께 보고하는 바이다.

연구대상 및 방법

1982년 11월부터 1985년 11월까지 국립의료원 정형외과에 입원한 신선 대퇴경부골절 환자 96예중 ^{99m}Tc MDP를 이용한 골주사로 환측의 전측에 대

한 대퇴골두 방사선 동위원소 섭취율을 술후 1~2주, 3개월, 6개월, 12개월에 비교하여 1.5년 이상 추시가 가능하였던 19예에 대하여 방사선 소견과 비교 검토하였다.

총 19예의 대퇴경부 골절환자를 ^{99m}Tc MDP 20 mCi를 정맥주사 3시간 후에 완전히 배뇨한 다음 대퇴골두의 중립위상태를 위해서 가능한한 15°내회전한 상태로 전방에서 후방으로 3분에 걸쳐 Sie-

Fig. 1. Scan was taken with the supine and femur 15° internal rotation, so as to lessen the effect of femoral anteversion.

Fig. 3. Converting the density into numbers using densitometry.

Fig. 2. The center of the femoral head is determined by the two intersecting line. One is horizontal to the tip of the greater trochanter and another is vertical, apart from the medial cortex about a femoral diameter at the proximal 1/4.

Fig. 4. The uptake ratio between the lesion and sound portion is determined by dividing the uptake number of lesion by the sound one.

mens PHO-Gamma Camera로 골영상화한 후 그 필름을 대퇴골 근위부 1/4지점에서 대퇴골의 직경을 측정하여 이 직경 만큼 내측으로 이동한 지점에서 대퇴골 장축에 평행하게 선을 긋고 대전자부의 최상부에서 대퇴골 장축에 수직인 선을 그어 만나는 점을 대퇴골두의 중심점으로 하고 그 점을 중심으로 직경 8mm의 원을 그은 다음 그 원안에 직경 2mm의 4개의 원을 중복되지 않게 무작위로 긋고 각각의 원의 방사선 동위원소 섭취농도를 Densitometry로 측정한 후 전측의 대퇴골두에 같은 방법을 적용하여 산술평균치를 구한 후 환측의 전측에 대한 골주사 섭취비율을 시간에 따라서 비교 분석하였다(Fig. 1, 2, 3, 4).

증례 분석

1. 연령 및 성별

총 19예중 남자 10예, 여자 9예로 남자의 비는 차이가 없었으며, 50대 이상에서 12예(63%)로 고령층에서 높은 발생빈도를 보였다(Table 1).

2. 골절의 원인

골절의 원인으로 실족 9례, 추락 8예였고, 교통사고에 의한 것은 2예였다(Table 2).

3. 수상후 치료까지의 기간

수상후 12시간 이내에 치료한 예는 7예, 12시간에서 24시간 사이에 4예, 48시간에서 1주이내 6예, 2주에서 3주이내에 1예, 6주 이후는 1예였다(Table 3).

Table 1. Age and sex

	M	F	Total
Less than 30	1	1	2
31~40	2		2
41~50	1	2	3
51~60	4	3	7
61~70	2	1	3
71~		2	2
Total	10	9	19

Table 2. Causes of injury

	No. of pts.	%
Falling	8	42
Traffic accident	2	11
Slipping down	9	47
Total	19	100

4. 골절의 분류

골절의 분류중 골절의 전위정도에 따라 분류하는 Garden씨 분류에 따르면 Stage I 3예, Stage II 2예, Stage III 11예, Stage IV 3예였다(Table 4).

5. 치 료

전체 19예중 Multiple pin 9예, Compression hip screw 9예였으며, 보존적요법 1예였다(Table 5).

6. 합병증

총 19예중 Compression hip screw를 사용한 9예에서 무혈성 대퇴골두괴사 2예, 불유합 1예가 발생하였다.

Garden의 분류에 따르면 Stage III에서 무혈성 대퇴골두괴사 2예, 불유합 1예가 발생하였다.

7. 술후 골주사와 방사선 변화와의 관계

총 19예의 대퇴경부 골절환자를 1~2주, 3개월, 6개월, 12개월에 ^{99m}Tc MDP를 이용한 골주사를 시행한 결과 술전 방사선 검사상 비전위군 5예, 전위군 14예에 대한 비교는 술후 1~2주에 전위군의 골주사 섭취율이 0.63으로 비전위군의 1.20보다 낮았으나, 3개월 이후에는 큰 차이가 없었고, 무혈성 괴사가 발생한 2예에서 술후 방사선 검사상 각각 8개월, 11개월에 대퇴골두에 무혈성 변화를 보였으나, 골주사섭취율은 처음 1~2주에 0.13으로 낮

Table 3. Duration between injury and treatment

	No. of pts.	%
Less than 12 hrs	7	37
12 hrs~24 hrs	4	21
24 hrs~48 hrs		
48 hrs~1 wk	6	32
1 wk~2 wks		
2 wks~3 wks	1	5
3 wks~6 wks		
6 wks~	1	5
Total	19	100

Table 4. Garden's classification

Stage	No. of pts.	%
I	3	16
II	2	10
III	11	58
IV	3	16
Total	19	100

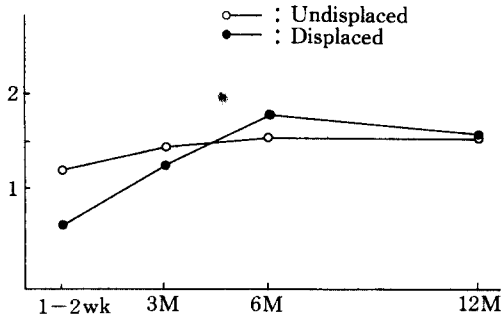


Fig. 5.

Table 5. Method of treatment

	No. of pts.	%
Conservative	1	6
Multiple pins	9	47
Comp. hip screw	9	47
Total	19	100

Table 6. The relation of bone scan uptake ratio between undisplaced and displaced group

No. of pts.	Ratio(fractured/intact side)			
	1~2 wks	3M	6M	12M
Undisplaced(5)	1.20	1.46	1.52	1.55
Displaced(14)	0.63	1.23	1.81	1.58

Table 7. The relation of bone scan uptake ratio between uneventful and eventful case

No. of pts.	Ratio(fractured/intact sides)			
	1~2 wks	3M	6M	12M
Uneventful case(16)	0.74	1.27	1.72	1.62
Eventful case(2)	0.13	0.18	0.30	0.67

Table 8. The relation of bone scan uptake ratio between within 48 hr and over 48 hr

No. of pts.	Ratio(fracture/intact side)			
	1~2 wks	3M	6M	12M
Within 48 hr(11)	0.78	1.37	1.54	1.62
Over 48 hr(7)	0.68	1.38	1.51	1.59

은 섭취율을 보였고 3개월에 0.18, 6개월에 0.3, 12개월에 0.67으로 현저한 증가를 보이지 않았다 (Table 6, 7, Fig. 5, 6, 7, 8).

8. 수상후 수술시간에 따른 골주사 섭취율의 관계

총 19예중 수상후 48시간 이내에 수술한 11예와 48시간 이후에 수술한 7예 사이에 골주사 섭취율

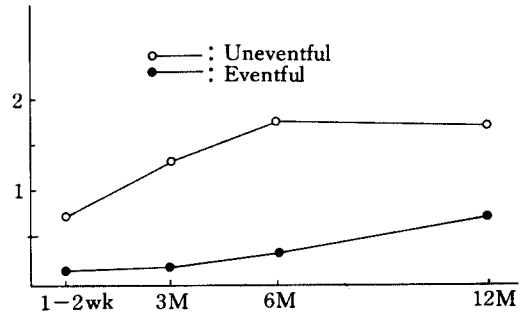


Fig. 6.

은 전자의 경우 1~2주, 3개월, 6개월, 12개월에 0.78, 1.37, 1.54, 1.62였고, 후자의 경우 0.68, 1.38, 1.51, 1.59로 큰 차이를 보이지 않았다 (Table 8, Fig. 9).

총괄 및 고찰

대퇴경부는 관절막내에 위치하며, 골절시에 골막에 Cambium layer가 부족하여 골막성 가골형성을 기대하기 어렵고, 활액의 혈종용해로 혈종의 형성이 잘 되지않을 뿐 아니라 활액순환의 특이성 때문에 대퇴골두에 혈행장애를 일으켜 골절후에 무혈성 괴사, 불유합등의 합병증이 발생하여 치료에 많은 어려움이 있고, 또한 이 대퇴경부 골절은 고령의 여자에 많은데, Frangakis는 이는 노인성 골조송증에 의해 이차적으로 발생한다 하였고, 이 골조송증이 있으면 후방피질의 심한 분쇄를 일으켜 내고정이 힘들다고 하였다²³.

대퇴경부 골절시 내고정물은 1931년 Smith-Petersen nail이 소개된 이래 많은 내고정물을 사용하여 골유합을 74~95%^{1, 2, 4, 6, 8, 14, 16, 17, 19}, 무혈성괴사율이 7~22%^{1, 2, 4, 14, 17, 19}로 보고되었다. 저자들의 경우에 Compression hip screw 사용한 9예에서 2예의 무혈성괴사가 발생하였고, 1례의 불유합이 발생하였으나, Multiple pin 9예에서는 합병증이 발생하지 않아 Multiple pin사용이 Compression hip screw보다 좋다고 생각되었다. 이러한 대퇴경부 골절의 수술후 합병증에 대한 많은 연구가 진행되고 있음에도 불구하고 조기예견은 아직도 논란의 대상이 되고 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해서 1953년 Rook²⁴은 arteriography, 1955년 Boyd⁴는 ³²P, 1956년 Hulth¹¹는 venography, 1965년 Holmquist¹⁰와 Alfram은 I¹²⁵, 1970년 Eegholm⁷은 I¹²⁵ labelled albumin, I¹²⁵ labelled antipyrine과 Xe¹³³, 1972년 Mcgrail¹⁵

Fig. 7-1. Postop. 10 days bone scan film showed 0.13 uptake ratio of right femoral head.

Fig. 7-2. Postop. 3 months bone scan film showed 0.18 uptake ratio of right femoral head.

Fig. 7-3. Postop. 12 months Postop. 12 months bone scan film showed 0.67 uptake ratio of right femoral head.

은 F^{18} 1972년 Shoji¹⁴⁾는 Sr^{88} 1974년 Rokknen과 Slatis¹⁵⁾는 Tetracycline labelling을 이용하였으나, 기술적인 복잡성, 판독의 어려움, 고가의 가격, 수술적인 조작때문에 널리 호응을 얻지 못하였다.

Fig. 8. Postop. 8 months radiography showed sclerotic change and collapse of femoral head.

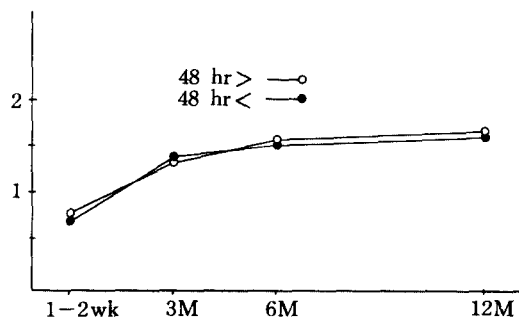


Fig. 9.

1971년 Subramanian과 McAfee에 의해 ^{99m}Tc -labelled phosphate compound(polyphosphate)가 소개된 이래 ^{99m}Tc 를 이용한 골주사를 연구하여 ^{99m}Tc -polyphosphate ^{99m}Tc -pyrophosphate, ^{99m}Tc -EHDP, ^{99m}Tc -MDP 등이 개발되었다. ^{99m}Tc 는 반감기가 6.04시간으로 반감기가 64일인 Sr^{88} 에 비해 짧으며 많은 양의 방사선을 내는 Sr^{88} 에 비해 140Kev의 energy를 갖는 단순 감마선만을 방출하여 인체에 해가 적고, 값이 저렴하고, 골영상화를 위해서 최적한 이학적성질이 있어 매일 준비해야 되고, 빠른 뇨중배설로 인해 high bladder activity로 골반전이가 간과되는 단점에도 불구하고 널리 사용된다¹³⁾.

Subramanian²³⁾ 등에 따르면 ^{99m}Tc -MDP는 pyrophosphate나 polyphosphate에 비해 골농축이 높고 혈청 청소율도 빠르며, 뇨중배설도 빠르고 고감도의 영상화가 다른 종류보다 빠르다고 하였다.

대퇴골두 무혈성 피사를 예견하는 방법은 Riggen²⁰⁾ 등이 방사선 동위원소 F^{18} 을 이용하여 처음 보고하였고 Tucker²¹⁾, Boyd와 Calandruccio⁶⁾ P³² Shoji¹⁴⁾는 Sr^{85} , Meyer¹⁵⁾는 ^{99m}Tc -sulphur-colloid를 이용하였는 바 Shoji¹⁴⁾에 의하면 무혈성피사를 예견하는 방법은, 첫째 추적자 축적의 측정, 둘째 추적자 청소율의 측정에 의한다고 하였는 바 P³², Sr^{85} 은 추적자 축적의 측정에 의해 알 수 있는 방법이 다. 하였다.

Strömquist²⁵⁾ 등은 ^{99m}Tc -MDP을 사용하여 대퇴 경부골절의 술후 1~3주에 예후를 알 수 있다 하였고, Greiff²⁶⁾ 등은 ^{99m}Tc -Sn-pyrophosphate를 이용하여 무혈성 피사를 조기발견 할 수 있다 하였는바 골절후 평균 5~6주에 처음 골주사를 실시하고, 두 번째는 평균 11.1주에 실시하였는 바 방사선 검사 상에는 16.3개월에 무혈성피사가 나타나고, 골주사 검사는 평균 1.2개월에 섭취가 없거나 감소되었다. 이로써 골주사 섭취가 없거나 감소될 때는 무혈성 피사가 발생한다 하였고, 증가되거나 정상일 때는 무혈성피사는 일어나지 않는다고 하였다.

저자들의 경우 2례의 무혈성피사가 발생한 예에서 처음 1~2주에 전측과 비교하여 0.13으로 섭취율이 감소되었고 단순 방사선 검사상으로는 각각 8개월, 11개월에 무혈성피사의 소견을 보였다. 이런 점으로 볼 때 골주사가 단순방사선보다 무혈성 피사소견을 조기에 나타내어 무혈성피사를 조기에 예견할 수 있다고 생각되었다.

1981년 Lucie¹²⁾ 등은 ^{99m}Tc phosphate를 이용하여 무혈성피사를 92.5% 예견할 수 있다 하였고 1984년 Strömquist²⁵⁾는 ^{99m}Tc MDP를 이용하여 술전 방사선 검사상 전위군에서 술전 골주사 섭취율이 0.9이하와 술후에 1.0이하일 경우에 무혈성피사가 발생한다고 하였고, 처음 대퇴골두 골주사 섭취의 감소가 있었던 예에서 4개월 이후에 1.0이상 증가하는 것은 revascularization이라 하였으며, 또한 술전 대퇴골두 골주사 섭취율이 0.90~1.10사이에는 전위군에서 술후에 섭취율이 증가한 것은 수술시에 혈관손상의 국소화로 생각되어 수술시에 적절한 정복방법 및 부피가 적고 안정성을 주는 내고정물 선택이 무혈피사를 줄일 수 있다고 하였다²⁰⁾.

저자들의 경우에서는 술전 골주사 검사가 되지 않아 비교할 수 없었다. 또한 Stromqvist는 ^{99m}Tc MDP를 이용하여 술후 2~20일, 4개월, 8개월,

12개월, 24개월에 골주사를 실시하여 골절부 반대편의 대퇴골을 정상으로 간주하여 환측의 건측에 대한 섭취율을 비교하여 정상적인 대퇴골두 골주사 섭취율은 1.0이상, 대퇴골두 무혈성피사 예에서는 1.0이하라 하였다.

저자들의 경우에서도 무혈성피사 2례는 전위군에서 발생하였고, 술후 1~2주, 3개월, 6개월, 12개월에 0.13, 0.18, 0.3, 0.67으로 대퇴골두 골주사 섭취율은 1.0이하를 나타냈다. Massie¹⁴⁾는 수술후 수술까지의 시간지연은 골유합 및 무혈성피사에 영향을 주며, 첫 24시간이내에서는 30%, 25~48시간이면 40%, 일주일 이후면 거의 100에서% 무혈성피사가 온다고 하였으나, Barnes²⁷⁾ 등은 일주일까지의 수술지연이 불유합이나 무혈성피사의 빈도에 중요한 영향을 준다는 증거는 없다고 했으며, 저자들의 경우에서도 수술후 48시간 이내와 이후에 수술한 예에서 골주사 섭취율의 비는 차이가 없었다.

결론

1. 술전 방사선상 비전위군과 전위군을 술후 골주사를 실시하여 골주사 섭취율은 1~2주, 3개월, 6개월, 12개월에 비교한 바 전자의 경우 평균 1.20, 1.46, 1.52, 1.55였고, 후자의 경우 평균 0.63, 1.23, 1.81, 1.58로써 전위군에서 1~2주에 골주사 섭취율이 낮았으나, 3개월 이후에서는 비슷한 값을 나타냈다.

2. 합병증이 발생하지 않은 예와 무혈성 피사가 발생한 예에서 1~2주, 3개월, 6개월, 12개월에 골주사 섭취율은 전자의 경우 0.74, 1.27, 1.72, 1.62였고 후자의 경우 0.13, 0.18, 0.3, 0.67으로 무혈성피사가 발생한 2례에서는 골주사 섭취율이 현저한 차이를 보였다.

3. 골주사 섭취율은 수술후 48시간이내 수술군과 이후 수술군 사이에 차이가 없었다.

REFERENCES

- 1) Arnold, W.D., Lynden, J.P. and Minkoff, J.: *Treatment of intercapsular fracture of the femoral neck with special reference to percutaneous Knowles pinning. J. Bone and Joint Surg.*, 56A:254, 1974.
- 2) Baker, G.I. and Barrick, E.F.: *Deyerle treatment for femoral neck fractures. J. Bone and Joint Surg.*, 60A:269, 1978.

- 3) Barnes, R., Brown, J.T., Garden, R.S. and Nicool, E.A.: *Subcapital fractures of the femur. J. Bone and Joint Surg.*, 58B:2, 1976.
- 4) Boyd, I.B. and Calandruccio, R.A.: *The use of radioactive phosphorus(p 32) to determine the viability of the head of the femur. J. Bone and Joint Surg.*, 37A:260-269, 1955.
- 5) Chapman, M.W., Stehr, J.H., Eberle, C. F., Bloom, M.H. and Bovill, E.G.: *Treatment of intracapsular hip fracture by the Deyerle method. A comparative review of one hundred and nineteen cases. J. Bone and Joint Surg.*, 57A:735, 1975.
- 6) Deyerle, W.H.: *Personal communication*, 1972.
- 7) Eegholm, A.: *Vascularization of the femoral head following fracture of the neck of the femur. Acta Orthop. Scand.* 41, 648-667.
- 8) Feilding, J.W., Wilson, S.H. and Ratzan, S.: *A continuing end result study of displaced intracapsular fractures of the neck of the femur treated with the Pugh nail. J. Bone and Joint Surg.*, 56A:1464, 1974.
- 9) Greiff, J., Lanng, S., Hoilund-Carsen, P. F., Karle, A.K. and Uhrenholt, A.: *Early detection by ^{99m}Tc-Sn-pyrophosphate scintigraphy of femoral head necrosis following femoral neck fractures. Acta. Orthop. Scand.* 51:119-125, 1980.
- 10) Holmquist, B. and Alfram, P.A.: *Prediction of avascular necrosis following cervical fracture of the femur based on the clearance of radioactive iodine from the head of the femur. Acta Orthop. Scand.* 36, 62-69, 1965.
- 11) Hulth, A.: *Intra-osseous venographies of medial fractures of femoral neck, residual vascularity of heal fragment in different types of fractures and its relation to prognosis. Acta Chir. Scand., Suppl.* 214, 1956.
- 12) Lucie, R.S., Fuller, S., Burdick, D.C. and Johnston, R.M.: *Early Prediction of Avascular Necrosis of the femoral head following femoral neck fractures. Clin. Orthop.* 161:207-213, 1981.
- 13) Malnud, L.S. and Charkes, N.D.: *Bone Scanning Principles, techniques and interpretation. Clin. Orthop.* 107:112-122, 1975.
- 14) Massie, W.K.: *Fractures of the hip. J. Bone and Joint Surg.*, 46A:658, 1964.
- 15) McGrail, J.W., Vulpetti, A.T. and Shifrin, L.: *18F scintigraphy of non-neoplastic skeletal lesions. Clin. Orthop.* 10, 292-298, 1972.
- 16) Metz, C.W., Sellers, T.D., Feagin, J. A. and Levine, M.I.: *The displaced intracapsular fracture of the neck of the femur. Experience with the Deyerle method of fixation in sixty-three cases. J. Bone and Joint Surg.*, 52A:113, 1970.
- 17) Meyers, M.H., Harvery, J.P., Jr. and Moore, T.H.: *Treatment of displaced Subcapital and transcervical fracture of the neck of the femur by muscle pedicle bone graft and Internal fixation: A preliminary report on 150 cases. J. Bone and Joint Surg.*, 54A:257, 1973.
- 18) Meyer, H.M., Telfer, N. and Moore, T. M.: *Determination of the vascularity of the femoral head with technetium ^{99m}sulphur-colloid. J. Bone and Joint Surg.*, 59A:658-664, 1977.
- 19) Pugh, W.L.: *A self-adjusting nail-plate for fracture about the hip joint. J. Bone and Joint Surg.*, 37A:1085, 1955.
- 20) Riggins, R.S., DeNardo, G.L., D'Ambrosia, R. and Goldman, H.: *Assessment of Grculation in the femoral head by F18 Scintigraphy. J. Nucl. Med.* 15:183-186, 1974.
- 21) Rokkanen, P. and Slati, P.: *Devitalization of the femoral head after medial fracture of the femoral neck. Acta Orthop. Scand.* 45, 564-571, 1974. 571
- 22) Rook, F.W.: *Arteriography of hip joint. Predicting end results in intercapsular and intertrochanteric fractures of the femur. J. Surg.*, 86:404-409, 1953.
- 23) Rookwood, C.V. and Green, D.P.: *Fractures in adults 2nd Ed. 1211-1256, Philadelphia J. B. Lippincott Co.*, 1984.
- 24) Shoji, H., Koshino, T. and Doherty, J.H.: *85 Sr Scintimetry of intracapsular fracture of the hip. Clin. Orthop.* 86, 85-92, 1972.
- 25) Stromqvist, B., Brismar, J. Hasson, L.I. and Palmar, J.: *^{99m}Tc-MDP Scintimetry after femoral neck fracture: A three-year follow-up. Clin. Orthop.* 182, 177-188, 1984.
- 26) Stromqvist, B. and Hansson, L. I.: *Preoperative and postoperative Scintimetry after femo-*

- ral neck fracture: J. Bone and Joint Surg., 66B:49-54, 1984.*
- 27) Subramanian, G. and McAfee, J.G.: *A new complex of ^{99m}Tc for skeletal imaging. Radiology, 99:192-196, 1971.*
 - 28) Subramanian, J.G., McAfee, R.Y., Blair, F.A., Kall, felz and Thomas, F.D.: *Technetium ^{99m}-Methylene disphosphonate A superior agent for skeletal imaging: Comparison with other technetium complexes. J. Nucl. 16:744-755, 1975.*
 - 29) Tucker, F.R.: *The use of radioactive phosphorus in the diagnosis of avascular necrosis of the femoral head. J. Bone and Joint Surg., 32B:100, 1950.*
 - 30) Turner, J.H.: *Post-Traumatic Avascular Necrosis of the femoral head predicted by preoperative Technetium-^{99m}Antimony-colloid Scan. An Experimental and Clinical Study. J. Bone and Joint Surg., 65A:786-797, 1983.*
-