

대퇴골두 무혈성 괴사의 뼈스캔상의 병기

경희의대 핵의학과, 진단방사선과*

양형인 · 김의종* · 김덕윤 · 류경남* · 조경삼

= Abstract =

Avascular Necrosis of Femoral Head on Bone Scan

Hyung In Yang, M.D., Eui Jong Kim, M.D.,* Deog Yoon Kim, M.D.
Kyung Nam Ryu, M.D.* and Kyung Sam Cho, M.D.

Department of Nuclear Medicine and Diagnostic Radiology*, Kyung Hee University Hospital, Seoul, Korea

We studied 90 patients(179 femoral heads) with avascular necrosis of femoral head, who had been performed X-ray, bone scan and MRI to compare of the findings of AVN on bone scan between each other, retrospectively. The patients were 82 males and 9 females, their mean age was 45 years. Radiographic stages were classified by Steinberg modification, radionuclide stages were classified as followed; stage 0(or type 0): normal, stage 1: faint ring like uptake around the femoral head, stage 2: intense ring like uptake, stage 3: irregular increased uptake with central photon defect, stage 4: intense diffuse increased uptake at femoral head and stage 5: hip joint deformity with relatively mild increased uptake. The findings of MRI were classified according to extent, location, early or advanced lesion, signal intensity of the lesion and joint effusion.

156(87%) of 179 femoral heads had avascular necrosis, 68(75.5%) of 90 patients had bilateral AVN, 36 femoral heads had early stage and 120 had advanced stage. The detection rate of AVN by X-ray and bone scan were 85%(134), 91.6%(143), respectively. Early AVN with atypical types of bone scan showed larger extent, moderate to large amount of joint effusion, soft tissue hypertrophy within joint, and secondary degenerative changes. Bone scan had relatively high detection rate in the diagnosis of AVN of femoral head, and demonstrated various types depending on the disease stage.

Key Words: Osteonecrosis of femoral head, ^{99m}Tc -MDP bone scan femur, MR studies Femur, Radiography

서 론

대퇴골두의 무혈성 괴사는 초기에 혈관이 막히는 시기로 부터 완전히 혈관이 폐쇄되어 골괴사가 일어나 대퇴골두의 와해와 골재생, 고관절의 이차적인 퇴행성 변화가 오기까지 그 병기에 따라 뼈스캔상에서 다양한 형태를 보인다^{1,2)}. 대퇴골두 무혈성 괴사 환자에서 뼈스캔의 의의라 하면 단순 X선상에서는 보이지 않는

시기에 뼈스캔상에서 대퇴골두의 방사능 결손부위로 나타나는 대퇴골두 무혈성 괴사의 초기 병소를 찾아내는데 있다. 그러나 최근에 자기공명영상(이하 MRI라 함)이 보편화 되면서 MRI는 고해상력을 가지며 대퇴골두의 무혈성 괴사는 초기 병소를 비교적 예민하게 찾아 내는 것으로 알려져 있다. MRI는 경제적으로 부담이 크지만 뼈스캔에 비하여 초기 작은 병소를 찾아내는데 우수하다³⁻⁷⁾. 대퇴골두 무혈성 괴사의 원인은 수상에 의한 경우가 있지만 그 이외의 경우는 대개가

알코올 섭취나 부신피질 호르몬의 복용으로 인한 전신적인 원인이 대부분이므로 대퇴골두 외에 다른 부위에 골괴사가 동반되는 경우가 종종 있다. 뼈스캔은 MRI에 비하여 해상도는 떨어지지만 경제적이며, 전신을 검사할 수 있기 때문에 이러한 경우 다른 부위의 병소를 한번에 알 수 있는 장점이 있다. 그러나 진행된 대퇴골두 무혈성괴사의 경우 뼈스캔상에서 미만성의 강한 방사능 섭취를 보이기 때문에 다른 퇴행성 관절염이나 염증성 질환과 감별하기 어렵다. 이에 저자들은 뼈스캔상에서 병기에 따라 다양한 양상으로 보이는 대퇴골두 무혈성괴사환자들에서 단순 X선상의 병소와 뼈스캔, MRI의 양상을 비교하여 대퇴골두 무혈성괴사의 병기에 따른 뼈스캔상의 다양한 형태의 원인을 분석하고자 하였다.

대상환자

고관절통과 보행장애를 주소로 경희대학교 부속병원

을 방문하여 단순 X선 촬영과 뼈스캔, MRI를 시행한 90명의 환자, 179개의 대퇴골두를 대상으로 후향적 조사를 하였다. 환자들의 평균 연령은 45세였고 남자가 81명, 여자가 9명이었다. 이들 중 한명에서 이미 한쪽의 대퇴골두 무혈성 괴사로 진단받고 고관절 치환술을 받아 한쪽 대퇴골두만을 대상으로 하였다.

방 법

단순 X선 촬영과, 뼈스캔, MRI를 모두 시행한 환자들을 대상으로 후향적으로 비교하였다. 이들 검사는 한 달이내에 가장 근접한 시기에 시행된 것을 비교하였다.

뼈스캔은 ^{99m}Tc-MDP를 정맥주사후 3시간에서 4시간이 경과된 후 촬영하였다. 감마카메라는 Toshiba, GCA-901A를 이용하였고 한 fram당 60만 카운트를 얻었다.

사용된 MR기기는 1.5T unit(Toshiba, MRZ- II, Nasu, Japan)로 T1강조(450-500/15-20)축상, 관상

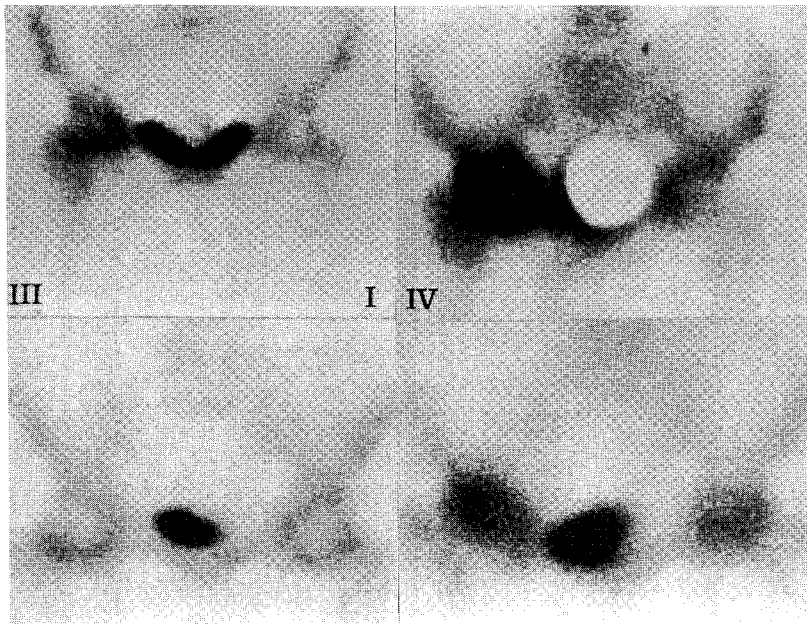


Fig. 1. Types of AVN of femoral head on bone scan.

- O : normal
- I : Faint ring like uptake
- II : Intense ring like uptake
- III : Irregular increased uptake with central photon defect
- IV : Intense diffuse increased uptake at femoral head
- V : Deformity with mild increased uptake

및 시상영상을 얻었고 T2강조(1800-2000/30/80) 관상영상을 얻었다.

단순 X선은 대퇴골두 무혈성 괴사의 병기를 Steinberg modification에 따라 병기 1은 정상, 병기 2는 연골하부 저음영(subchondral lucency)이 없이 낭성 혹은 경화성 변화를 보인 경우, 병기 3은 연골하부 저음영과 연골하부 골절(즉 초생달 징후)을 보인 경우, 병기 4는 연골하부 함몰을 보인 경우, 병기 5는 고관절의 협소를 보인 경우로 하였다.

뼈스캔의 병기(또는 유형)는 임의로 0형이 정상을 보인 경우, 1형이 대퇴골두의 방사능 결손과 주위 변연부의 약한 방사능 섭취, 2형이 대퇴골두의 방사능 결손과 주위 변연부의 강한 방사능 섭취, 3형은 2형의 형태를 보이면서 불규칙한 강한 방사능 섭취, 4형은 대퇴골두의 미만성의 강한 방사능 섭취의 증가, 5형은 고관절의 경축성 기형이나 탈골을 보이면서 방사능 섭취 정도는 4형 보다 약한 경우로 정하였다(Fig. 1).

MRI는 병변의 범위, 병변의 위치, 조기병변과 진행 병변, 괴사부의 신호강도(signal intensity)의 변화와 관절삼출액 및 관절강내 연조직, 관절막 비후등을 조사하였다. 대퇴골두가 저신호강도의 띠와 함께 균질한 지방골수 신호강도 변화(T1 강조영상에서 고신호강도, T2 강조영상에서 중등도의 신호강도)를 보인 것을 조기 병변으로, 모든 영상에서 비균질한 저신호강도로 보인 것을 진행성 병변으로 분류하였다.

뼈스캔은 두명의 핵의학 의사가 육안적으로 판독하

여 형태를 분류하였고, X선과 MRI는 두명의 진단방사선과 의사에 의해 분류되었다.

결 과

1) 179개의 대퇴골두중 23개는 정상이었고 156개의 대퇴골두는 무혈성괴사를 가지고 있었다. 36개의 대퇴골두는 MRI상 조기 병변이었고 120개는 진행 병변이었다. 90명의 환자에서 22명이 한쪽의 대퇴골두에 병변을 가지고 있었으며 68명이 양측성의 병변을 가지고 있었다.

2) 단순 X선과 뼈스캔의 대퇴골두 무혈성괴사의 진단율은 MRI를 기준으로 하였을 때 각각 85%, 91.6%였다(Table 1).

3) 단순 X선과 뼈스캔을 비교하였을 때 36개의 대퇴골두가 X선과 뼈스캔상 모두 정상이었고, 9개의 대퇴골두가 뼈스캔상에서 초기의 무혈성 괴사소견(1, 2형)을 보였으나 단순 X선상에서 정상이었다. 이외의 병변들에서는 뼈스캔과 단순 X선의 병기 사이에는 비

Table 1. Detection Rate of AVN in X-ray, Bone Scan, MRI

X-ray	bone scan	MRI
134(85%)	143(91.6%)	156(100%)

Table 2. Bone Scan Findings in AVN

Type	Early	Advanced
0	13	0
I	13	5
II	8	30
III	2	38
IV	0	42
V	0	5
	36	120

Table 3. Characteristics of AVN with Normal Bone Scan(13 cases)

Extent : <1/5(8), 1/4(2), 1/3(1), 1/2(1), 2/3(1).

Location : anterior-superior(11) anterior(2)

Signal intensity : Fatty marrow(13)

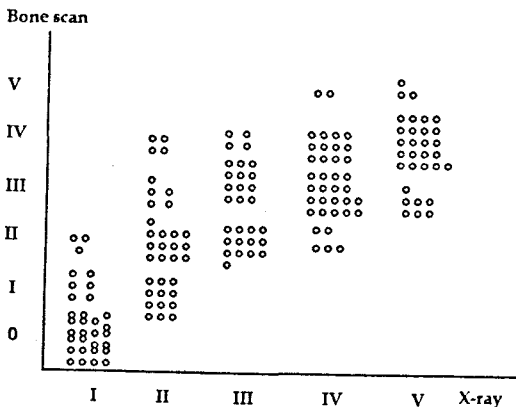


Fig. 2. Comparing with bone scan and X-ray in AVN of femoral heads.

Table 4. X-ray Findings of AVN with Atypical Bone Scan Types

Scan X-ray	IV	V
I	0	0
II	4	0
III	4	0
IV	12	2
V	22	3
	42	5

Table 5. MRI Findings of AVN with Atypical Bone Scan

• Scan IV & X-ray IV of V (12)			
Extent	1/3-1/2(3)	2/3-3/4(7)	>4/5(2)
Effusion absent(2)			
mod-large(10)			
• Scan IV & X-ray V (22)			
Extent	1/3-1/2(6)	2/3-3/4(6)	>4/5(10)
Effusion absent & scanty(17)			
mod-large(5)			
• Scan IV & X-ray II or III(8)			
Extent	1/3-1/2(4)	2/3-3/4(3)	>4/5(1)
Effusion absent & scanty(2)			
mod-large(6)			

교적 일치하는 소견을 보였다(Fig. 2).

4) 뼈스캔에는 정상이었으나 13개의 대퇴골두가 MRI상에서는 조기 병변을 보였고, MRI에서 조기병변을 보이는 경우는 뼈스캔상에서 대개 1이나 2의 유형을 보였고 진행병변은 뼈스캔상에서 2, 3, 4형에 해당하였다(Table 2).

5) 뼈스캔상에서 정상소견을 보였으나 MRI에서 무혈성괴사 소견을 보였던 병변은 그 병변의 크기가 1/4에서 1/5정도로 작은 병변이며, 이 작은 병변이 대개는 대퇴골두의 전상방에 위치하며, MRI상의 저신호강도 띠와 함께 지방광수 신호강도변화를 보였다(Table 3).

6) 뼈스캔상에서 비전형적인 유형을 보인 대퇴골두 무혈성 괴사병변의 단순 X선 소견은 대개가 단순 X선 병기 4와 5에 해당하였고(Table 4), MRI에서 병변의 크기가 1/2이상의 큰 병변이었으며 많은 관절 삼출액, 심한 관절강 연조직 및 관절막 비후 또는 이

차성 골관절염등을 동반하고 있었다(Table 5).

고 찰

대퇴골두의 무혈성괴사의 가장 초기 뼈스캔 소견은 대퇴골두로의 혈류차단으로 인한 방사능 결손으로 나타난다. 이 시기에는 단순 X선 상에서는 정상 소견을 보이는 경우가 많다. 좀더 진행성 변화가 일어나면 관절삼출액이 생기게 되고 주위에 충혈현상으로 뼈스캔 상에서는 방사능이 강하게 보이기 시작하며 여기에 이차적인 퇴행성 변화가 일어나게 되면서는 실제 다른 질환인 퇴행성 관절염, 염증성 관절염, 골절 등과 구분하기 어려워지게 된다^{1,2)}. 대개의 환자에서는 고관절의 통증이 오게 되면 임상 의사를 찾아오게 되기 때문에 대퇴골두 무혈성 괴사가 어느 정도 진행된 다음에야 발견하게 되는 예가 드물지 않다. 그러나 대퇴골두 무혈성 괴사는 그 원인이 알코올이나 부신피질호르몬으로 생기는 경우가 많기 때문에 전신성 질환으로, 양측성으로 발병하기 때문에 한쪽의 대퇴골두 무혈성 괴사 환자에서 다른 쪽의 발병여부가 중요하다. 이 시기에는 조기발견으로 고관절 치환술 보다는 비관혈적인 핵감압술(core decompression)이나 회전 골절술(rotating osteotomy)과 같은 치료가 가능하기 때문에 조기 발견이 중요하게 된다¹¹⁾. 조기 대퇴골두 무혈성 괴사는 MRI가 보편화 되면서 고해상도를 보이게 되어 아주 작은 병변도 찾아낼 수 있게 되었다. 그리고 그 주위의 조직의 변화도 예측할 수 있는 장점을 가지고 있다³⁻¹⁰⁾. 실제 뼈스캔상에서는 관절삼출액이나 퇴행성변화 혹은 관절내 연조직 비후등을 감별할 수 없게 모두 다 강한 방사능 섭취를 보인다. 그러나 뼈스캔의 경우는 비교적 경제적인 부담이 적고 단순 X선 보다는 예민하게 대퇴골두 무혈성 괴사를 진단할 수 있으며 이 부위 외에 다른 부위의 골괴사를 발견할 수 있다. 실제로 임상 의사가 대퇴골두 무혈성 괴사의 진단하에 뼈스캔을 시행하는 환자들의 뼈스캔은 매우 다양하다. 위에서 기술한 바와 같이 진행성 병변을 가지는 환자의 경우는 다른 관절 질환을 뼈스캔만 가지고는 진단할 수 없는 경우가 흔하다. 저자는 이런 환자들에서 단순 X선과 MRI소견을 비교하여 뼈스캔상에서 다양하게 보이는 소견들의 성상을 살펴 보고자 연구를 시행하였다. 저자의 결과는 일반적으로 다른

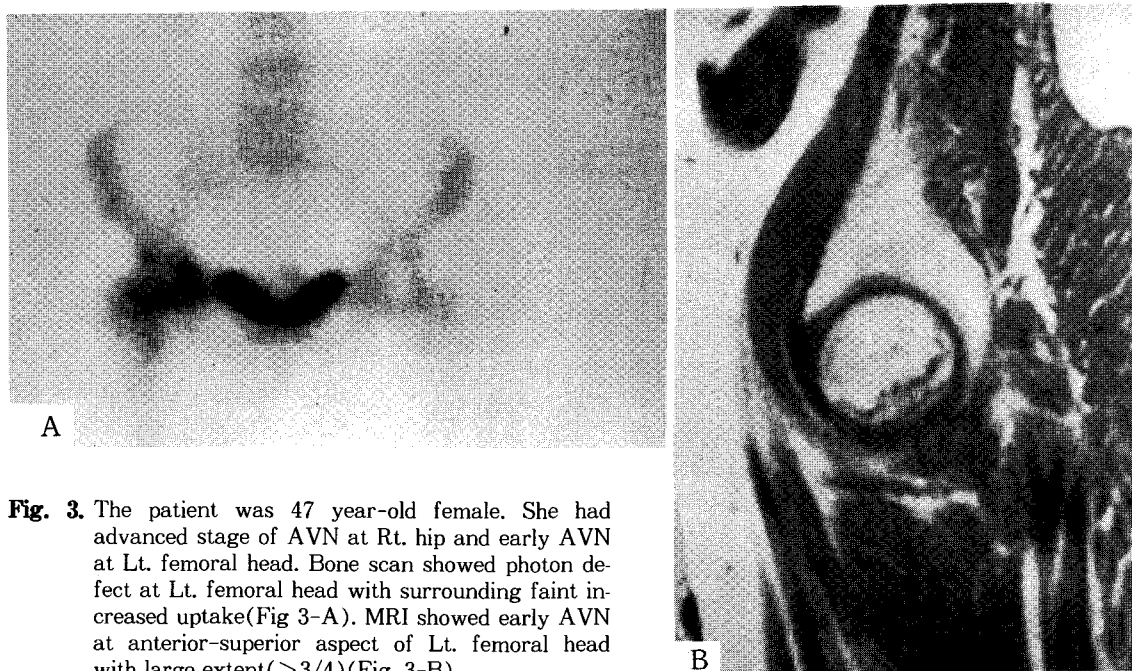


Fig. 3. The patient was 47 year-old female. She had advanced stage of AVN at Rt. hip and early AVN at Lt. femoral head. Bone scan showed photon defect at Lt. femoral head with surrounding faint increased uptake(Fig 3-A). MRI showed early AVN at anterior-superior aspect of Lt. femoral head with large extent(>3/4)(Fig. 3-B).

연구자와 마찬가지로 양측성의 대퇴골두 무혈성 괴사 환자가 많았으며, 원인이 알코올이 많기 때문에 남자에서 훨씬 많이 발병하였다. 대퇴골두 무혈성 괴사의 원인으로는 일반적으로는 세가지 기전이 추정된다. 첫 번째는 혈관벽이 외상이나 혈관염으로 상처를 입게 되는 것으로 인해 여기에 혈소판이나 다른 혈액인자들이 작용하여 혈관이 막히거나 좁아져 혈류가 감소하게 되며, 둘째는 골수의 압력이나 골수세포들의 증가로 골수내의 혈관이 눌러 혈류가 감소하고, 세째는 혈전이나 지방세포와 같은 것에 의해 혈관이 막힘으로써 발생하는 것으로 추정된다. 이러한 기전에 의해 외상, 알코올 섭취, 부신피질호르몬사용, 잠수부, Gaucher병, 전신성홍반성낭창과 같은 콜라겐질환 등에서 발생하는 것으로 알려져 있다^{1,2)}.

조기 대퇴골두 무혈성 괴사의 진단에서는 저자의 경우도 다른 보고자들과 마찬가지로 단순 X선보다는 뼈스캔이 예민하게 찾아내었고 MRI보다는 진단율이 낮음을 보였다^{12,13)}. 이러한 원인은 뼈스캔의 평면 영상의 해상도가 낮아, 특히 작은 크기의 대퇴골두 전상부에 위치한 골괴사는 찾아내기 어렵기 때문으로 생각된다. 초기 병소라도 그 크기가 클 경우에는 뼈스캔상에서 대퇴골두의 방사능 결손을 나타내는 경우가 많은

것으로 생각된다.

뼈스캔상의 대퇴골두 무혈성 괴사 소견을 보면 가장 초기에는 주위방사능의 증가 없이 대퇴골두에 원형의 방사능 결손으로 나타나며, 단순 X선상에서는 정상으로 나타나는 경우가 흔하며, 저자가 분류한 뼈스캔상의 대퇴골두 무혈성 괴사의 유형 1에 해당되고 MRI와 비교해 보면 골괴사 면적이 비교적 큰(1/2 이상) 병변을 갖는다(Fig. 3). 조기 대퇴골두 무혈성 괴사라도 그 크기가 작을 경우에는 뼈스캔상에서 병소를 발견하기 어려우며 특히 위치가 대퇴골두의 전상부에 해당할 때는 더욱 어렵게 된다. 여기에서 진행되면 주위의 방사능 강도가 증가 되고 대퇴골두 무혈성 괴사 유형 2에 해당되며 이는 골괴사 주위의 충혈로 인한 것으로 생각된다. 때로는 여기에 불규칙한 방사능의 섭취가 관찰되고 이는 MRI상에서 주위의 충혈과 국소관절삼출액이 고여있음으로 인해 보이는 것으로 보인다(유형 3). 대퇴골두 무혈성 괴사 유형 4는 대퇴골두 전체에 강한 방사능의 섭취를 보이는 시기로 이때는 다른 질환과 감별을 필요로 하게 된다. 단순 X선상에서 이 시기에는 연골하부 함몰이나 초생달 징후등¹⁴⁾이 나타나며 MRI에서는 뼈스캔상에 미만성의 강한 방사능 섭취를 보이는 성상은 주위의 관절삼출액이 중

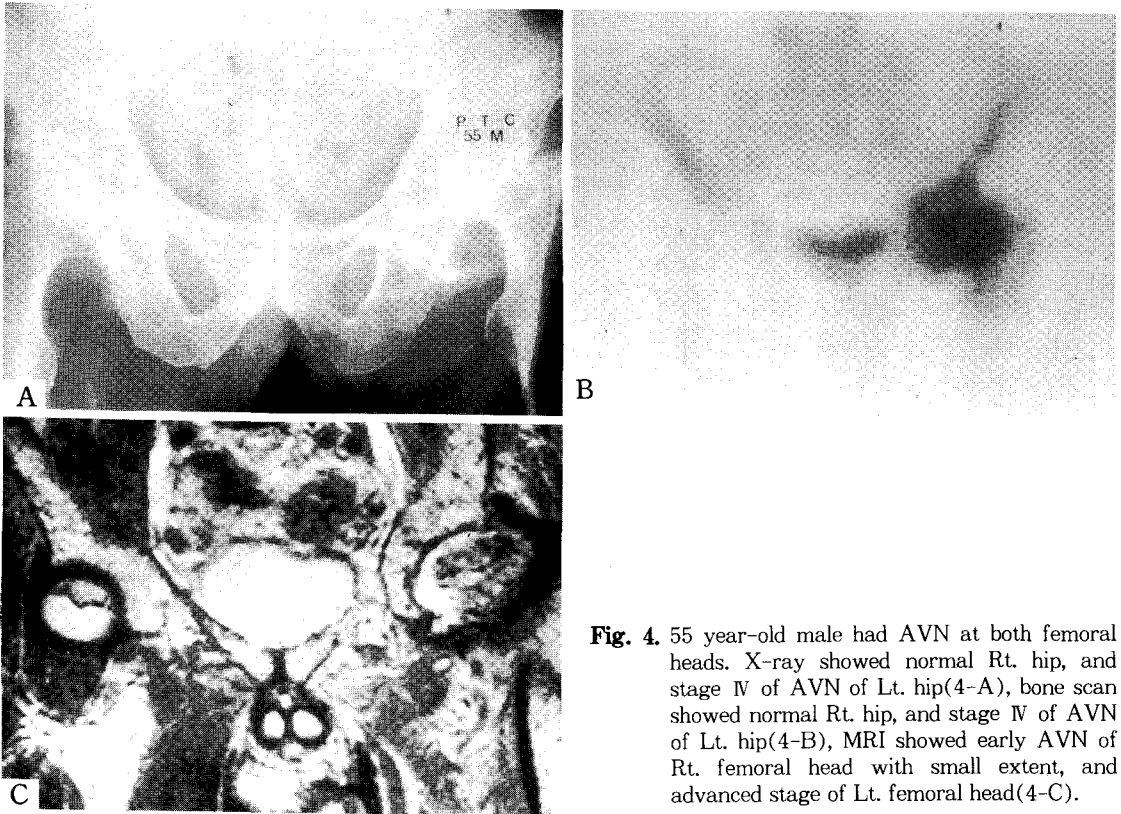


Fig. 4. 55 year-old male had AVN at both femoral heads. X-ray showed normal Rt. hip, and stage IV of AVN of Lt. hip(4-A), bone scan showed normal Rt. hip, and stage IV of AVN of Lt. hip(4-B), MRI showed early AVN of Rt. femoral head with small extent, and advanced stage of Lt. femoral head(4-C).

등도 이상으로 많거나 관절강내 연조직 및 관절막 비후등(Fig. 4)에 의해 보이는 것으로 생각된다. 물론 이 시기에는 단순 X선이나 MRI와 같은 검사를 같이 시행함으로써 진단의 특이도를 높일 수 있다.

대퇴골수 무혈성 괴사는 그 발생기전이 전신적인 질환이기 때문에(외상에 의한 경우는 제외) 대퇴골두 이외의 부위에서 골괴사 소견을 종종 발견하게 된다. 이 경우 뼈스캔으로 전신을 검사할 수 있기 때문에 한 눈에 전신의 병변의 분포를 볼 수 있다. 또 평면영상에서는 조기의 대퇴골두 무혈성 괴사를 발견할 수 없더라도 뼈 SPECT를 시행하게 되면 삼차원적인 영상을 얻을 수 있기 때문에 진단율이 높아 질 수 있다. 그러나 다른 연구자들에 의하면 SPECT영상도 MRI에 비하여는 진단율이 낮은 것으로 보고 하고 있다^{15,16)}.

요 약

연구배경 : 대퇴골두 무혈성 괴사는 그 병기에 따라 단순 X선과 뼈스캔, MRI상에서 다양하게 보이며 초기에는 X선과 뼈스캔상에서 발견할 수 없는 경우가 흔히 있다. 뼈스캔의 대퇴골두 무혈성 괴사는 그 병기에 따라 다른 형태로 보일 수 있으며 진행된 병변에서는 다른 관절질환과 감별하기 어려울때가 많다. 이에 저자들은 대퇴골두 무혈성 괴사의 병기에 따른 뼈스캔의 유형을 분류하고 다양하게 보일 수 있는 원인을 분석하고자 하였다.

대상 및 방법 : 대상환자는 고관절통과 보행장애를 주소로 내원한 90명의 179개의 대퇴골두를 대상으로 하였고 이들 환자에서 단순 X선과 뼈스캔, MRI가 모두 시행되었으며 후향적 조사에 의하여 비교하였다.

결 과 :

1) 179개의 대퇴골두 중 156개의 골두는 무혈성 괴사를 가지고 있었다. 36개의 대퇴골두는 MRI상 조기 병변이었고 120개는 진행병변이었다. 90명의 환자에서 22명이 한쪽의 병변을 가지고 있었으며 68명이 양측성의 병변을 가지고 있었다.

2) 단순 X선과 뼈스캔의 대퇴골두 무혈성 괴사의 진단율은 MRI를 기준으로 하였을 때 각각 85%, 91.6%였다(Table 1).

3) 9개의 대퇴골두가 뼈스캔상에서 초기의 무혈성 괴사소견(1, 2형)을 보였으나 단순 X선상에서 정상이었다. 이외의 병변들에서는 뼈스캔과 단순 X선의 병기 사이에는 비교적 일치하는 소견을 보였다(Fig. 2).

4) 뼈스캔에는 정상이었으나 13개의 대퇴골두가 MRI상에서는 조기 병변을 보였고, MRI에서 조기병변을 보이는 경우는 뼈스캔상에서 대개 1이나 2의 유형을 보였고 진행병변은 뼈스캔상에서 2, 3, 4형에 해당하였다(Table 2).

5) 뼈스캔상에서 정상소견을 보였으나 MRI에서 무혈성괴사 소견을 보였던 병변은 그 병변의 크기가 1/4에서 1/5정도로 작은 병변이며, 이 작은 병변이 대개는 대퇴골두의 전상방에 위치하며, MRI상의 저신호강도 띠와 함께 지방골수 신호강도변화를 보였다(Table 3).

6) 뼈스캔상에서 비전형적인 유형을 보인 대퇴골두 무혈성 괴사병변의 단순 X선 소견은 대개가 단순 X선 병기 4와 5에 해당하였고, MRI에서 병변의 크기가 1/2이상의 큰 병변이었으며 많은 관절삼출액, 심한 관절강 연조직 및 관절막 비후 또는 이차성 골관절염등을 동반하고 있었다(Table 2).

결 론 : 결론적으로 뼈스캔은 초기 대퇴골두 무혈성 괴사는 단순 X선 보다는 높고, MRI보다는 낮은 진단율을 보였다. 그 원인으로는 초기 병소의 크기와 위치에 따라 다를 것으로 추정된다. 진행성 병변은 MRI상에서 주위의 충혈 정도, 관절삼출액의 정도, 주위의 퇴행성 변화 또는 관절내 연조직 비후의 정도에 따라 다양하게 보이는 것으로 생각된다.

REFERENCES

1) Solomon L: *Mechanisma of idiopathic osteo-*

necrosis. Orthop Clin North Am 16:655-665, 1985

2) Bonnarens F, Hernandez A, D'Ambrosia R: *Bone scintigrapic changes in osteonecrosis of the femoral head. Orthop Clin North Am* 16:679-703, 1985

3) Gillespy III T, Genant HK, Helms CA: *Magnetic resonance imaging of osteonecrosis. Radiol Clin North Am* 24:193-208, 1986

4) Mitchell DG, Kressel HY, Arger PH, Dalinka M, Spritzer CE, Steinberg ME: *Avascular necrosis of the femoral head: morphologic assessment by MR imaging, with CT correlation. Radiology* 161:739-742, 1986

5) Lafforgue P, Dahan E, chagnaud C, Schiano A, Kasbrian M, Acquaviva P-C: *Early-stage avascular necrosis of the femoral head: MR imaging for prognosis in 31 cases with at least 2 years of follow-up. Radiology* 187:199-204, 1993

6) Beltran J, Herman LJ, Burk JM, Zuelzer WA, Clark RN, Lucas JG, Weiss LD, Yang A: *Femoral head avascular necrosis: MR imaging with clinical-pathologic and radionuclide correlation. Radiology* 166:215-220, 1988

7) Fordyce MJF, Solomon L: *Early detection of avascular necrosis of the femoral head by MRI. J Bone Joint Surg* 75-B:365-367, 1993

8) Takatori Y, Kokubo T, Ninomiya, S, Nakamura S, Morimoto S, Kusaba I: *Avascular necrosis of the femoral head: Natural history and magnetic resonance imaging. J Bone Joint Surg* 75-B:217-221, 1993

9) 김정식, 우영후, 주양구, 이성문, 전석길, 서수지, 강창수: 대퇴골두 무혈성 괴사의 자기공명영상: 단순촬영, 골주사 및 임상증상과 비교. *대한방사선의학회지* 28:261-268, 1992

10) Stulberg BN, Levine M, Bauer TW, Belhobek GH, Pflanze W, Feiglin DH, Roth AI: *Multimodality approach to osteonecrosis of the femoral head. Clin Othop Res* 240:181-193, 1989

11) Beltran J, Knight CT, Zeuler WA, Morgan JP, Shwendeman LJ, Chandnani VP, Mosure JC, Shaffer PB: *Core decompression for avascular necrosis of the femoral head: correlation between long-term results and preoperative MR staging. Radiology* 175:533-536, 1990

12) Mitchell DG, Rao VM, Dalinka MK, Spritzer CE, Alavi A, Steinberg ME, Fallon M, Kressel HY: *Femoral head avascular necrosis: Correlation of*

- MR imaging, radiologic staging, radionuclide imaging, and clinical findings. Radiology 162:709-715, 1987*
- 13) Markisz JA, Knowles RJR, Altchej DW, Schneider R, Whalen JP, Cahill PT: *Segmental patterns of avascular necrosis of the femoral heads: Early detection with MR imaging. Radiology 162:717-720, 1980*
- 14) Kenzora JE, Glimcher MJ: *Pathogenesis of idiopathic osteonecrosis: The ubiquitous crescent sign. Orthop Clin North Am 16:681-695, 1985*
- 15) Lee MH, Moon DH, Na HW, Lee SH, Kim KY: *Diagnosis of femoral head avascular necrosis by triple head high resolution SPECT. J Nucl Med 33:936, 1992*
- 16) Collier BD, Carrera GF, Johnson RP, Isitman AT, Hellman RS, Knobel J, Finger WA, Gonyo J, Malloy PJ: *Detection of femoral head Knobel J, Finger WA, Gonyo Jm Malloy PJ; Detection of femoral head avascular necrosis in adults by SPECT. J Nucl Med 26:979-987, 1985*
-