

대퇴골두 무혈성 괴사에 속발된 대퇴경부 골절

계명대학교 의과대학 정형외과학교실

민병우 · 강창수 · 오두환

— Abstract —

Spontaneous Femoral Neck Fracture Following Avascular Necrosis of the Femoral Head

Byung-Woo Min, M.D., Chang-Soo Kang, M.D. and Doo-Hwan Oh, M.D.

*Department of Orthopedic Surgery, School of Medicine, Keimyung University,
Taegu, Korea*

Avascular necrosis of the femoral head is usually a progressive condition. Segmental collapse frequently occurs in a femoral head affected with avascular necrosis during its progression. In a few instances, spontaneous subcapital fracture occurs more distally than the usual location of subchondral fracture. We reports 17 cases of femoral neck fracture following avascular necrosis of the femoral head. We histologically examined the head which had been removed during the operation. Preoperative radiographs, MRI and bone scanning were taken for the patients if possible. All hips revealed the bilateral avascular necrosis with total involvement of the femoral head. The femoral head fragments showed complete necrosis of the trabecular bone and marrow by postoperative histology. Among these cases, consecutive four cases were studied by macroscopic and microscopic histology to discuss the mechanism of these fractures. All 4 cases revealed the fracture line at the junction between the necrotic zone and the reparative zone. The presumed mechanism of this fracture is accumulated stress fracture at the reparative zone in the junction between the necrotic femoral head and normal neck.

Key Words : Femur head, Avascular necrosis, Spontaneous neck fracture

※ 통신저자 : 민 병 우

대구광역시 중구 동산동 194

계명대학교 의과대학 동산의료원 정형외과학교실

서 론

대퇴골두 무혈성 괴사증은 여러 가지 요인에 의해 발생하는 진행성 병변이며, 괴사가 진행함에 따라 대퇴 골두의 함몰 및 붕괴가 일어나면서 골 파괴가 심해지고 이차적으로 골관절염이 동반되어 고관절의 심한 동통 및 파행이 지속된다.

대퇴골두 무혈성 괴사증 시 특별한 외상이나 원인 없이 흔히 볼 수 있는 대퇴골두의 연골하 골절 및 함몰이 일어나는 부위 보다 훨씬 하방의 대퇴경부에 골절이 일어나는 경우는 흔하지 않다. 그러나 경우에 따라서는 대퇴골두의 함몰 및 붕괴가 일어나기 이전에 골괴사 부위와 재생골 부위 사이의 경계 부위에서 피로골절의 일종으로 자연적인 대퇴경부 골절이 일어날 수 있다^{3,9)}.

이에 저자들은 대퇴골두 무혈성 괴사 환자에서 발생한 대퇴경부의 자연적인 골절을 관찰하고 이러한 골절의 발생양상 및 특징, 조직병리학적 소견과 함께 자기공명영상소견, 골주사 검사소견 등을 보고하고자 한다.

대상 및 방법

1988년 1월부터 1998년 5월까지 본원 정형외과에서 치료하였던 총 325명의 환자 623례의 대퇴골두 무혈성 괴사 환자 중 총 14명의 환자, 17례(2.7%)의 대퇴골두 무혈성 괴사에 속발된 자연성 대퇴경부 골절환자를 대상으로 하였으며, 진단기록, 단순방사선 촬영소견 및 경우에 따라서는 컴퓨터 단층촬영과 함께 골주사 검사가 가능하였던 12례, 자기공명영상 검사가 가능하였던 9례에 대한 분석을 시도하였다.

Fig. 1. Presumed mechanism of femoral neck fracture following avascular necrosis of the femoral head.

A. Insidious stress fracture at the junction between the necrotic head and the repairing bone.

B. Weakening at the superior portion of the junction between necrotic head and normal neck, and abrupt fracture extends to the inferior cortex of the femoral neck.

전체 증례에 대해서는 광학현미경적 검사로 대퇴골두 무혈성 괴사 소견을 증명하였으며, 증례들 중 1996년 이후에 저자들이 경험하였던 4례에 대해서는 대퇴골두 무혈성 괴사에 속발된 대퇴경부 골절의 발생기전 및 형태를 규명하기 위해 고관절 전치환술을 시행하면서 대퇴골두 및 골절된 대퇴경부를 채취하여 전향적 검사로 저배율 및 고배율 하에서 조직병리학적 검사를 시행하였다. 채취한 대퇴골두 및 경부는 10% 포르말린 용액에 고정하고 탈석회화 과정을 거친 후 파라핀에 묻고 관상절단(coronal section)을 시행하였으며, Hematoxylin과 Eosin 염색을 시행하여 조직 표본을 완성하였으며, 저배율 및 고배율 현미경 하에서 대퇴골두의 무혈성 괴사 부위와 대퇴경부 골절이 발생한 부위의 조직학적 특성에 대하여 관찰하였다.

대퇴골두 무혈성 괴사의 진행시기는 정면 및 측면 방사선 소견을 기초로 골주사 검사, 자기공명영상검사 소견을 첨부하여 ARCO의 분류방식¹⁾에 따라 분류하였다. 대퇴경부 골절의 유형은 Usui 등²⁾의 분류에 따라 골괴사 부위와 골재생 부위 사이에 미세 골절이 일어나는 스트레스형 골절을 A형, 괴사된 골두와 정상 경부 사이의 경계 부위의 일부에서 미

세 골절이 일어나고 경미한 자극에 의해 나머지 남아있는 건강 부위가 골절되는 형태를 B형으로 구분하였다(Fig. 1).

결 과

대퇴골두 무혈성 괴사에 속발된 대퇴경부 골절의 발생 당시 환자의 연령 분포는 36세에서 68세로 평균 53세였고 이중 남자는 11명, 여자는 3명이었다. 경부 골절이 발생한 부위는 우측이 9례, 좌측이 8례였으며 환자들의 몸무게는 43kg에서 68kg 사이로 평균 56kg이었으며 특별히 비만이 있는 환자는 없었다. 직업 분포는 농부 및 노동자가 9명, 가정주부가 3명, 무직이 2명으로 대부분의 환자에서 비교적 힘든 노동일에 종사하고 있었다. 무혈성 괴사의 원인질환으로 여겨지는 위험인자는 알코올 과다 섭취가 10명, 특발성이 2명, 만성 간경변 1명, 만성 신부전으로 인한 스테로이드 과다 사용이 1명이었다(Table 1).

17례의 증례들 중 대퇴골두 무혈성 괴사가 진단되고 추시 관찰 도중 대퇴경부 골절이 발생하였던 예는 10례이고 환자 본인이 대퇴골두 무혈성 괴사의 진단

Table 1. Details of 17 cases with spontaneous neck fracture following osteonecrosis of the femoral head.

Case	Name	Age (years)	Sex*	Weight (killograms)	Side affected	Occupation	Risk factor for osteonecrosis
1	GIH	36	M	59	Right	Laborer	Alcohol
2	KTW	67	M	45	Right	Farmer	Alcohol
3	KHD	55	M	65	Right	No	Liver Cirrhosis
4	PGD	55	M	56	Left	Farmer	Idiopathic
5	PJD	58	M	65	Left	No	Alcohol
6	BOJ	54	F	57	Left	Housewife	Idiopathic
7	AMT	52	M	65	Right	Laborer	Alcohol
8	ACG	44	M	52	Left	Farmer	Alcohol
9	LSB	56	M	60	Right	Farmer	Alcohol
10	LSB	56	M	60	Left	Farmer	Alcohol
11	LYJ	40	F	56	Right	Housewife	Steroid
12	LYJ	40	F	56	Left	Housewife	Steroid
13	CIT	59	M	45	Right	Laborer	Alcohol
14	CIT	59	M	45	Left	Laborer	Alcohol
15	CHJ	50	M	43	Left	Laborer	Alcohol
16	NTS	60	M	68	Right	Farmer	Alcohol
17	GOH	68	F	50	Right	Housewife	Alcohol

* M=Male, F=Female

Table 2. Clinical and radiological characteristics.

Case	Type of neck fracture*	Duration(Mos)†	ARCO stage affected†	ARCO stage contralateral†
1	A	6	II-C	I-C
2	A	0	I-C	I-C
3	B	0	I-C	II-C
4	A	1	II-C	I-C
5	B	1	II-C	IV
6	A	1	II-C	I-A
7	A	0	II-C	II-C
8	B	4	II-C	IV
9	A	0	I-C	II-C
10	B	8	II-C	I-C
11	A	24	I-C	I-C
12	A	24	I-C	I-C
13	A	0	IV	IV
14	A	0	IV	IV
15	A	0	I-C	I-C
16	A	5	II-C	II-C
17	A	48	IV	IV

* Classification system of Usui et al⁹⁾

† Duration from diagnosis of avascular necrosis to neck fracture

‡ Classification system of ARCO¹⁰⁾

을 받은적이 없이 지내다가 특별한 외상의 병력 없이 단순히 어느 정도의 고관절 동통만 있다가 갑자기 임상증상이 심해져서 내원하여 대퇴골두 무혈성 괴사와 함께 경부 골절이 발견된례도 7례 있었으며, 무혈성 괴사 소견이 발견되고 추시 관찰 도중 경부 골절이 발생하였던 경우 최초 무혈성 괴사 진단 후 경부 골절이 속발되기 까지의 기간은 1개월에서 48개월까지로 평균 12.2개월이었다. 무혈성 괴사에 속발된 경부 골절 환자들의 임상적 특징은 대퇴경부 골절을 일으킬 만한 큰 외력의 병력 없이 약간의 대둔부 및 고관절 동통의 병력으로 지내오다 내원 1주일에서 6주일 정도(평균 2.2주) 전에 갑자기 동통이 심해지고 파행이 심해져서 병원을 찾게 되었다. 그러나 만성 신부전으로 인한 스테로이드 과다 사용 환자의 경우에는 만성 신부전이 악화되어 경련성 발작 후에 대퇴경부 골절이 발생하였다. 17례 전례에서 단순 방사선 검사, 골주사 검사, 자기공명영상 등으로 확인한 결과 양측 대퇴골두 무혈성 괴사가 확인되었고, 대퇴경부 골절이 있었던 대퇴골두에서는 조직병리학적 검사 소견상 전례에서 대퇴골두 무혈성 괴사 소견을 관찰할 수 있었다. 대퇴골두 무혈성 괴사의 진행

시기는 대퇴경부 골절 부위의 ARCO stage I-C형이 6례, II-C형이 8례, IV형이 3례였고 반대측 부위의 진행시기는 I-A형이 1례, I-C형이 6례, II-C형이 4례, IV형이 5례였다(Table 2).

골주사 검사 검사가 가능하였던 12례 중 11례에서 공통적으로 양측 대퇴골두 전체에 음영감소 소견이 관찰되었으며, 대퇴경부 골절 부위에는 보다 증가된 음영 소견을 관찰할 수 있었다(Fig. 3D). 11례 중 1례에서는 경부 골절이 있었던 대퇴골두 부위에는 전체 골두 부위의 음영감소 소견 및 골절부 음영증가 소견이 관찰되었으나, 반대측 부위에는 정상 소견을 보였고 이 증례의 경우 자기공명영상으로 반대측 대퇴골두의 전상방측에 대퇴골두 무혈성 괴사 소견을 관찰할 수 있었다. 자기공명영상 검사가 가능하였던 9례의 경우 특징적으로 대퇴골두 무혈성 괴사가 거의 대부분의 대퇴골두를 침범한 소견을 관찰할 수 있었으며, 경부 골절 부위까지 대퇴골두 무혈성 괴사가 침범한 소견을 볼 수 있었다. 경부골절이 일어난 대퇴골두의 경우 자기공명영상 검사상 T1 강조영상 소견에서 반응성 섬유혈관피로 생각되는 저신호 강도의 띠를 따라 골절이 일어난 것을 관

Table 3. Comparison of MRI, bone scan and histologic findings.

Case	MRI finding	Bone Scan finding	Histologic finding
1	Bilateral total head involvement	Bilateral photon defect	Reparative zone fracture
2	Bilateral total head involvement	Bilateral photon defect	Avascular necrosis
3	Bilateral total head involvement	Bilateral photon defect	Reparative zone fracture
4	Bilateral total head involvement	Bilateral photon defect	Avascular necrosis
5	Not done	Not done	Avascular necrosis
6	Bilateral total head involvement	Left photon defect	Reparative zone fracture
7	Bilateral total head involvement	Not done	Avascular necrosis
8	Not done	Not done	Avascular necrosis
9	Not done	Bilateral photon defect	Avascular necrosis
10	Not done	Bilateral photon defect	Avascular necrosis
11	Not done	Bilateral photon defect	Avascular necrosis
12	Not done	Bilateral photon defect	Avascular necrosis
13	Not done	Bilateral photon defect	Avascular necrosis
14	Not done	Bilateral photon defect	Avascular necrosis
15	Bilateral total head involvement	Bilateral photon defect	Avascular necrosis
16	Bilateral total head involvement	Not done	Reparative zone fracture
17	Bilateral total head involvement	Not done	Avascular necrosis

Fig. 2. Type A fracture of 60-year-old male(case 16).

- A.** Roentgenogram showing right femoral neck fracture and avascular necrosis of the left femoral head, multiple drilling was done on the bilateral avascular head 5 months before fracture.
- B.** Coronal MR image shows bilateral total head involvement of avascular necrosis and fracture line through low signal band on right femoral head(arrow).

찰할 수 있었다(Fig. 2B, Fig. 3B).

전향적 검사로 전체 골두 및 경부를 조직표본으로 제작하여 고배율 및 저배율 하에서 조직검사를 시행할 수 있었던 4례의 증례들의 공통적인 특징은, 골절이 골괴사 부위와 골재생 부위의 경계 부위에서 일어났음을 알 수 있었으며, 반응성 섬유혈관때

(reparative fibrovascular band)가 형성되고 모세혈관의 증식 소견을 보였던 부위에 골절이 있었다(Table 3).

자기공명영상 소견 및 조직표본검사 결과를 종합하여 볼 때 Usui 등⁹⁾의 분류에 의한 A형이 13례, B형이 4례 있었다.

Fig. 2. Type A fracture of 60-year-old male(case 16).

- C.** The contact roentgenogram of slab specimen shows the subcapital fracture line.
- D.** A photograph of entire histologic section reveals the fracture line through reparative zone (hematoxylin and eosin stain, $\times 1$).

Fig. 2. Type A fracture of 60-year-old male(case 16).

- E.** A high power photomicrograph of Area 1 in Figure 1-D reveals necrotic bone and amorphous debris in the marrow spaces (hematoxylin and eosin stain, $\times 40$).
- F.** A high power photomicrograph of Area 2 in Figure 1-D shows fracture line through transitional fibrovascular band (hematoxylin and eosin stain, $\times 40$).
- G.** A high power photomicrograph of Area 3 in Figure 1-D reveals appositional new bone formation and reparative change (hematoxylin and eosin stain, $\times 40$).

Fig. 3. Type B fracture of 54-year-old man(case 3).

- A.** Roentgenogram showing right femoral neck fracture and avascular necrosis of the left femoral head.
- B.** Coronal MR image shows bilateral total head involvement of avascular necrosis and fracture line through low signal band on right femoral head(arrow).

Fig. 3. Type B fracture of 54-year-old man(case 3).

- C.** Computed tomogram reveals that fracture line runs along the junction between the necrotic and repairing bone but instead extends beyond the junction to inferior cortex of the femoral head(arrow).
- D.** 99mTechnethium diphosphonate bone scan discloses decreased photon uptake in bilateral head and right femoral neck of higher uptake.

고 찰

대퇴경부 골절 후 대퇴골두 무혈성 괴사가 일어나는 것은 잘 알려진 사실이나, 대퇴골두 무혈성 괴사 후에 경부 골절이 일어날 수 있다는 것은 잘 알려져 있지 않다.

대퇴골두 무혈성 괴사에 속발된 대퇴경부 골절에

대해서는 Glimcher와 Kenzora⁴⁾가 1979년 대퇴경부 골절 후에 발생한 대퇴골두 무혈성 괴사시의 조직 표본에서 대퇴골두 및 경부에 피로 골절이 발생한다는 기술을 한 이래로 몇몇 저자들에 의해 보고되었으나 그 발생빈도는 매우 드문 것으로 알려져 있다^{3,9)}.

대퇴골두 무혈성 괴사의 원인과 발생기전은 정확하게 알려져 있지 않으나 병의 진행과정 중 골두함몰 및 붕괴가 일어나는 과정은 해면골과 치밀골

(compact bone) 사이의 재생과정의 차이로 여겨진다^{2,4)}. 해면골의 경우 재생세포와 반응성 섬유혈관 띠, 모세혈관 등이 괴사된 골조직으로 자리들어가고 이러한 재생세포들이 골아세포를 형성하여 신생골들을 형성하는데 신생골 형성은 일반적으로 파골성 흡수(osteoclastic resorption)가 일어나기 이전에 이루어지는데 반하여, 치밀골의 경우 신생골 형성 이전에 파골성 흡수가 먼저 일어나 두 골들 사이의 탄성계수(elastic modulus)와 탄성(compliance) 차이로 인하여 이 부위에 스트레스가 집중되어 연골하 골절 및 골두 붕괴가 일어난다.

그러나 대퇴골두 무혈성 괴사가 대퇴골두에 광범위하게 발생한 경우 이러한 연골하 골절이 일어나기 이전 또는 그 이후에도 골괴사 부위와 재생골 사이의 경계 부위에 모세혈관 및 섬유혈관 띠가 자리들어가면 이 부위에 골흡수가 일어나고 골약화가 이루어져서 점차 악화되고 스트레스가 집중되면 경미한 외상이나 자극에도 자연적인 골절이 일어날 수 있을 것으로 생각된다. 이는 Glimcher와 Kenzora⁴⁾가 기술하였듯이 대퇴경부 골절 후에 속발성 대퇴골두 무혈성 괴사가 동반된 경우 비외상성 대퇴골두 무혈

Fig. 3. Type B fracture of 54-year-old man(case 3).

E. The contact roentgenogram of slab specimen shows the subcapital fracture line

F. A photograph of entire histologic section reveals the fracture line through the junction between necrotic zone and reparative zone and a fracture extends to the inferior cortex of femoral neck (arrow, hematoxylin and eosin stain, $\times 1$).

G. A high power photomicrograph of Area 1 in Figure 1-F reveals the fracture line below the zone of appositional new bone formation (hematoxylin and eosin stain, $\times 40$).

성 괴사시 보다 연골하 골절 및 골두함몰이 일어나는 부위가 일반적으로 더 하방에 위치하는데, 이것은 경부 골절 후 골절 상방 부위의 전체 대퇴골두가 괴사상태에 빠지고 괴사골과 재생골 사이에 섬유혈관조직이 재생하여 들어감에 따라 이 부위가 약해져서 골절이 이 부위에 일어난다는 설명과 일치하는 것이다. 또한 Usui 등⁹⁾은 여기에 추가하여 골괴사 부위와 재생골의 경계 부위의 일부분에서만 재생조직에 의해 골흡수가 일어나고 나머지 건강 부위에는 경미한 외상으로 인해 골절선이 연장되어 완전 골절이 일어난다고 하였다.

무혈성 괴사의 속발성 경부 골절의 발생 형태에 관해서 Usui 등⁹⁾은 2가지 형태로 구분하여 설명하였는데 골괴사 부위와 골재생 부위의 경계부위 스트레스가 집중되어 일어나는 형태(A형)와(Fig. 2), 경계부위에서 일부분에서만 골재생 과정의 일환으로 골흡수가 일어나고 나머지 건강 부위는 경미한 외상으로 골절선이 연장되는 형(B형)으로 구분하였는데(Fig. 3), 저자들의 경우 전향적 저배율 및 고배율 조직검사가 가능하였던 4례 중에서 A형이 3례, B형이 1례였으며 전체 증례 18례 중에서는 단순방사선

소견, 골주사 검사, 자기공명영상 소견, 컴퓨터 단층촬영, 조직표본검사 등을 종합하여 볼 때 A형으로 여겨지는 골절이 13례, B형이 4례로 생각되었으며, 향후 증례가 더 추가되면 이러한 가설들에 대한 증명이 가능하리라 사료된다. 환자의 병력 청취상 특이한 점은 A형의 경우 대퇴경부 골절을 동반한 특별한 외상의 병력없이 서서히 진행되며 B형의 경우에는 어느 순간 환자가 가벼운 외상 정도의 병력을 가진다는 점이다.

속발성 대퇴경부 골절의 진단은 때로는 어려운 경우가 많은데 특히 골조송증이 있는 고령의 환자인 경우 경미한 외상에 의해 대퇴경부 골절이 발생하고 병원을 방문하는 시기가 늦어진 지연성 대퇴경부 골절인 경우 이와는 감별 진단이 용이하지 않았다. 그러나 저자들의 증례에서처럼 대퇴골두 무혈성 괴사에 속발된 대퇴경부 골절일 경우 환자들의 연령이 비교적 젊고, 전례에서 양측성 대퇴골두 무혈성 괴사의 소견이 있으며, 대부분의 경우 특별한 외상의 병력이 없으며 필요한 경우 골주사 검사나 자기공명영상으로 쉽게 진단을 할 수 있을 것으로 사료된다. 또한 대퇴골두 무혈성 괴사의 발병 연령은 일반적으로 평균 38세이며 이중 50세 이상은 전체 환자의 20%는 넘지 않는다고 하였으므로⁹⁾, 고령의 연령에서 발생하는 지연성 대퇴경부 골절시와 구분할 수 있을 것이다.

대퇴골두 무혈성 괴사시의 골주사 검사의 특징은 일반적으로 음영감소 소견 또는 증가 소견과 함께 그 주위로 약간의 음영증가 소견을 보이나⁵⁾ 저자들의 경우 무혈성 괴사 부위의 음영감소 소견과 함께 골절 부위에는 보다 뚜렷이 증가된 음영 소견을 관찰할 수 있었다.

자기공명영상 검사가 가능하였던 9례의 경우 Mitchell¹⁰⁾ 등이 제안한 대퇴골두 무혈성 괴사의 특징적인 소견으로서 골괴사 부위와 건강 부위의 경계에서는 섬유혈관조직이 자라들어가면 T1 강조영상에서 저신호 강도의 띠로 보이고 T2 강조영상에서는 고신호 강도의 띠로 보인다고 하였는데, 저자들의 증례에서 대퇴골두 무혈성 괴사에 속발된 대퇴경부 골절시 대부분의 증례에서 이러한 섬유혈관조직이 재생하는 부위에서 골절이 된 것을 확인할 수 있었다. 그러나 이러한 골절이 Usui 등⁹⁾이 제안한 골절의 발생양상 A형 또는 B형인지는 골절의 이차적

인 효과 때문에 정확히 관찰할 수는 없었으며 골절의 정확한 발생양상을 알기 위해서 병력, 자기공명영상, 컴퓨터 단층촬영(Fig. 3C), 조직표본검사 결과를 종합적으로 분석하여 판단하였다.

결 론

대퇴골두 무혈성 괴사는 질병 진행과정 중 골괴사가 진행됨에 따라 골두의 함몰 및 붕괴가 일어나고 이차적인 골관절염이 발생하여 고관절의 기능장애를 야기할 수 있으나 경우에 따라서는 골두의 함몰 이전에 골괴사 부위와 골재생부 사이의 경계부위에서 특별한 외상의 병력 없이 이차적인 대퇴경부 골절이 발생할 수 있으므로 이에 대한 주의가 필요할 것으로 생각되며, 특히 골괴사 부위가 광범위하여 전체 대퇴골두를 침범할 경우 이러한 환자들의 추시 관찰 도중 언제라도 이러한 골절의 가능성이 존재하고 이의 진단을 위해서는 필요할 경우 단순 방사선 촬영과 함께 골주사 검사 및 자기공명영상 검사가 요구된다.

REFERENCES

- 1) ARCO (Association Research Circulation Osseous) : Committee on terminology and classification. *ARCO News*, 4:41-46, 1992.
- 2) Catto M : A histological study of avascular necrosis of the femoral head after transcervical fracture. *J Bone Joint Surg*, 47-B:749-776, 1965.
- 3) Debeyre J, Kenesi C and Boucker C : 3 cases of spontaneous cervico-capital fractures. Complications of primary necrosis of the femur head. *Rev Rhum Mal Osteoartic*, 36-1:23-26, 1969.
- 4) Glimcher MJ and Kenzora JE : The biology of osteonecrosis of the human femoral head and its clinical implication. *Clin Orthop*, 140:273-312, 1979.
- 5) Hungerford DS and Jones LC : Diagnosis of osteonecrosis of the femoral head. In : Schoutens A ed. *Bone circulation and vascularization in normal and pathologic conditions*, Plenum Press:265-275, 1993.
- 6) Mitchell DG, Rao VM, Dalinka MK, Spritzer CE, Alavi A, Steinberg ME, Fallon M and Kressel HY : Femoral head avascular necrosis. Correlation

- of MR imaging, radiographic staging, radionuclide imaging and clinical findings. *Radiology*, 162:709-715, 1987.
- 7) **Patterson RJ, Bickel WH and Dahlin DC** : Idiopathic avascular necrosis of the femur. *J Bone Joint Surg*, 46-A:267-282, 1964.
- 8) **Solacoff D, Mont MA and Krackow KA** : Un-
 mented total hip arthroplasty in patients less than 45 years with avascular necrosis. *Orthop Trans*, 17: 1085-1091, 1994.
- 9) **Usui M, Inoue H, Yukihiro S and Abe N** : Femoral neck fracture following avascular necrosis of the femoral head. *Acta Med Okayama*, 50-2:111-117, 1996.