

Tc-99m-MDP 골주사를 이용한 대퇴경부 골절의 평가 -가토를 이용한 실험적 연구-

고려대학교 의과대학 정형외과학교실

황성준 · 박상원 · 이흥건

=Abstract=

Scintimetric Evaluation of Femoral Neck Fractures by Tc-99m-MDP -Experimental Study in the Mature Rabbits-

Sung Jun Hwang, M.D., Sang Won Park, M.D. and Hong Kun Lee, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, College of Medicine, Korea University, Seoul, Korea

In femoral neck fracture, viability of the femoral head depends on the revascularization of the femoral head.

The purpose of this study is to observe the effect of early fixation and anatomical reduction by measuring the Tc-99m-MDP uptake ratio of the femoral head in experimental animals.

Femoral neck region of 20 mature rabbits were osteotomized completely and divided into 2 groups; each group consisted of 10 rabbits.

Group 1 had two Kirschner wire fixation after osteotomy and anatomic reduction. Group 2 had no fixation after osteotomy.

The uptake ratio of Tc-99m-MDP of the femoral head in each group were measured at the intervals of 24 hours, 48 hours, 1 week, 2 weeks, 3 weeks, and 4 weeks, respectively.

The results obtained were as follows:

1. In experimental group 1, the mean uptake ratio of the femoral head was 0.72 ± 0.13 at 1 day after operation, increased to a level of 1.44 ± 0.14 at 1 week, increased to a maximal value of 2.90 ± 0.36 at 3 weeks and decreased to a level of 1.10 ± 0.12 at 4 weeks.
2. In experimental group 2, the mean uptake ratio of the femoral head was 0.70 ± 0.10 at 1 day, 0.64 ± 0.13 at 1 week, decreased to a maximal value of 0.33 ± 0.05 at 3 weeks and 0.47 ± 0.05 at 4 weeks, showing decreased level below 1.0.

The results suggest that early anatomical reduction and rigid fixation of femoral neck fracture is helpful for revascularization of the femoral head and prevention of non-union.

Key Words: Femoral neck fractures, Bone scanning, Viability of the femoral head.

서 론

대퇴경부 골절후 발생하는 주요 합병증은 대퇴골두의 무혈성 괴사 및 골절부의 불유합으로 특히 대퇴골두의 무혈성 괴사는 그 발생율이 높고 또한

* 본 논문의 요지는 1986년 대한정형외과학회 추계학술대회에서 구연되었음.

심각한 합병증으로 알려져 있으며, 그 발생기전에 관해서는 아직도 정확한 학설이 없다²³⁾. 대퇴골두 무혈성 괴사의 발생율은 학자들마다 다르나 10~30%의 광범위한 분포를 보이며^{3, 5, 7, 12, 18)}, 불유합의 발생율은 5~10%로 보고되고 있다^{3, 4, 17, 23)}.

대퇴경부 골절시 대퇴골두의 생존(viability)은 손상받지 않고 남아있는 대퇴골두로 가는 혈관과 주변조직으로부터 공급받는 맥관재생에 의해 결정

되며, 이러한 2가지 요소를 잘 유지하고 보호하기 위해서는 초기에 골절부의 해부학적 정복 및 양쪽 골절편의 밀착(impaction)과 강력한 고정が必要하다고 한다^{2, 10, 11, 20}.

대퇴골 경부 골절후 대퇴골두의 혈행성을 측정하기 위하여 1950년 Tucker²⁵⁾가 32p를 이용하여 골주사를 시행한 이후로 1963년 Boyd 등⁸⁾, 1974년 Riggins 등²²⁾, 1977년 Meyers 등¹⁹⁾에 의해 골주사를 이용한 대퇴골두의 흡수율에 관한 발표가 있었으며, 1980년 Bauer 등⁶⁾은 technetium-99m-methylene diphosphonate(이하 Tc-99m-MDP라 칭함)을 이용한 대퇴골두의 흡수율을 눈으로 측정하여 대퇴골두 괴사를 예측한 연구를 소개하였고, 1984년 Strömqvist 등²⁴⁾은 대퇴골두 흡수율을 컴퓨터로 정량적으로 분석 비교 수치로 나타냄으로서 수상후 1~3주 사이에 그 예후를 추정할 수 있다고 하였으며 1984년 Holmberg와 Thorngren¹⁵⁾은 수술전의 골주사로 대퇴골두의 흡수율을 수치로 비교하여 골유합 및 골두괴사에 대한 예측을 할 수 있다고 하였다.

그러나 대퇴경부 골절후 골절부의 해부학적 정복 및 견고한 고정이 대퇴골두의 맥관재생에 어떤 영향을 주는지에 관해 골주사를 이용하여 연구한 논문은 거의 없다.

이에 본 저자는 대퇴경부 골절시 고정없이 전위된 상태로 골절부를 방치시켰을 때 실제 대퇴골 골두의 맥관재생에 어떠한 영향을 주는지를 알기 위하여 가토 20마리를 2군으로 나누어 인위적으로 대퇴경부 골절을 만들어 Kirschner-wire로 고정한

군과 고정하지 않은 군으로 나누어 24시간, 48시간 1주, 2주, 3주 및 4주 간격으로 Tc-99m-MDP를 주사하고 대퇴골두의 동위원소 흡수율을 pixel counting 하여 측정하고 동위원소 흡수율의 차이를 연구 관찰한 바, 양군에서 흥미있는 결과를 얻었기에 문헌고찰과 함께 보고하는 바이다.

실험재료 및 방법

1. 실험재료

실험동물로서 동일한 조건으로 사육된 체중이 2.5~3.0kg되는 성숙가토(수컷)를 사용하고, 골주사 동위원소로는 Tc-99m-MDP를 이용하였다.

2. 실험방법

각 실험가토를 수술대위에 복와위로 사지를 고정한 다음 좌측 고관절부 및 둔부를 삭모하고 베타린과 알콜로서 무균처리하였다. 마취제로는 ketamine 50mg/kg을 근육주사하였다.

우측 고관절의 후외방도달법을 이용하여 피부절개후 외회전 근육인 gemellous superior와 inferior, obturator internus, quadratus femoris 및 piriformis 등을 근육부착점 부위에서 절제한 다음 고관절의 후관절낭 부위를 노출시켰다.

후관절낭을 절개한후 0.045inch굵기의 Kirschner-wire를 대전자간 아래서 대퇴골두방향으로 삽입후 고관절을 부전탈구시켜 시야를 좋게한뒤 fine osteotome으로 인위적으로 대퇴경부 골절을 시키고, 제 1군에서는 그 상태에서 2개의 0.045 inch굵기의

Fig. 1. Serial X-ray findings in group 1 and group 2. A : Group 1-Antatomic reduction with Kirschner wire fixation after femoral neck osteotomy. B : Group 2-Arbitrary reduction without Kirschner wire fixation after femoral neck osteotomy. a : at operation, b : 1 week after operation, c : 4 weeks after operation.

뒤 Nelaton catheter로 골주사 바로 전에 완전 도뇨시켜 방광의 영상이 골두영상을 방해하는 것을 방지하였다.

실험가토를 양와위로 눕혀 Gamma camera(C.G. R. Gamma Tome T-9000, CGR Ltd)로 주사하여 pin hole collimator로 양측 대퇴근위부 및 골반전체의 영상을 얻어 단순촬영필름과 비교 골두부위를 명확히 알아냈으며, 주사된 영상을 IMAC7300 computer에 입력하여 대퇴골두의 상방부에서부터 경부를 지나는 직선을 그어 이에 대한 pixel counting을 그래프로 나타내 정상측과 환측의 대퇴골두를 비교하여 그 비율을 수치로 나타내었다.

이런 방법으로 제1군과 2군 각각 10마리씩 총 20마리를 같은 방법으로 실험을 행하고 수술후 24시간, 48시간, 1주, 2주, 3주 및 4주 간격으로 골주사를 시행시 단순방사선 촬영을 병행해 골유합 과정 및 대퇴골두의 변화를 관찰하였다(Figure 1, 2, 3).

실험성적

제1군 및 제2군에서 대퇴골두의 동위원소 흡수율 변화의 전 성적은 Table 1 및 2와 같으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 대퇴골 경부 절골후 2개의 Kirschner-wire로 고정한 제1군에서 대퇴골두의 동위원소 흡수율은 24시간에는 평균 0.72 ± 0.13 이었고 48시간에는 0.66 ± 0.11 로 감소되었으나 1주부터 1.44 ± 0.14 로 증가되어 3주에는 2.90 ± 0.36 으로 최고로 증가되었다가 4주에는 1.10 ± 0.12 로 거의 정상치로 환원됨을 알 수 있었다(Table 1, 3, Figure 4).

2. 대퇴골 경부 절골후 아무런 고정도 시행치 않은 제2군에서 대퇴골두의 동위원소 흡수율은 24시간에는 평균 0.70 ± 0.10 이었고, 48시간에는 0.66 ± 0.08 , 1주일에는 0.64 ± 0.13 이었고, 3주에는 0.33 ± 0.05 로 최저로 감소되었으며, 4주에도 0.47 ± 0.05 로 계속 1.0이하로 감소된 소견을 보였다(Table 2, 3, Figure 4).

고 찰

대퇴경부 골절의 치료목적은 골절부의 유합을 도모하고 무혈성 괴사를 방지하는데 있다.

대퇴경부 골절시 대퇴골두의 생존을 좌우하는 2가지 요소는 수상시 손상받지 않고 남아있는 혈류와 인접 주위조직으로부터의 맥관재생에 있다²³⁾.

이러한 맥관재생은 1) 아직 viable한 대퇴골두부위, 특히 와하부(subfoveal area)와 2) 골절부위

Fig. 2. Tc-99m-MDP uptake ratio at 1 week and 4 weeks after operation in group 1. A: 1 week after operation uptake ratio; $163/105=1.56$ B: 4 weeks after operation uptake ratio; $81/80=1.02$

Kirschner-wire로 골절부를 단단히 고정시켰다.

제2군에서는 제1군과 같은 방법으로 대퇴경부를 골절시킨뒤 아무런 고정도 시행하지 않았다.

양군 모두 4-0 chromic catgut으로 근막 봉합후 5-0전사를 사용하여 피부봉합을 시행후 탄력붕대로 감았다.

술후 항생제로는 penicillin 13만 U를 근육주사하였다.

각 군에서 골주사를 시행하기 3시간전 Tc-99m-MDP 1.0-1.25mCi를 귀정맥에 주사한후 3시간

Fig. 3. Tc-99m-MDP uptake ratio at 1 week and 4 weeks after operation in group 2. A : 1 week after operation uptake ratio ; $18/27=0.66$. B : 4 weeks after operation uptake ratio ; $6/18=0.33$.

를 통과하여 올라오는 골간단동맥의 성장, 3) 관절 연골로 덮여있지 않은 대퇴골두의 혈관재생 및 골수강내 혈류로 이루어지는데 대퇴경부 골절후 이러한 맥관재생이 일어나는 것을 보호하고 유지시키기 위해 조기에 해부학적 정복 및 견고한 고정기 필요한 것으로 알려져 있다^{2, 10, 11, 20}.

이러한 맥관재생이 잘 일어나는 것을 판단할 수 있는 척도로서 해당 대퇴골두의 혈행성을 보기 위

하여 골수강내 정맥촬영술(intraosseous venography)¹⁶, 동맥촬영술(arteriography)^{9, 21}, 산소분압 측정법(measurement of O₂ tension)²⁰, 조직표본, 방사선 자기법 (autoradiography)⁸ 등의 여러 방법들이 소개되어 왔다.

이들 방법중 골주사 방법은 1950년 Tucker²⁵가 32p를 사용한 이후로 Sr-87이나 Sr-85등의 동위 원소를 이용했다.

Table 1. Serial Tc-99m-MDP uptake ratio of the femoral head of group 1

Rabbit No.	24hrs	48hrs	Duration			
			1 wk	2 wks	3 wks	4 wks
1	0.72	0.60	1.52	1.78	3.44	1.28
2	0.62	0.52	1.18	1.52	2.95	1.00
3	0.59	0.64	1.45	1.61	2.82	1.12
4	0.82	0.73	1.62	1.63	2.42	1.23
5	0.91	0.90	1.43	1.81	3.54	0.98
6	0.74	0.65	1.36	1.24	2.92	1.24
7	0.75	0.65	1.52	1.72	2.50	1.04
8	0.68	0.72	1.54	1.84	2.93	1.05
9	0.45	0.52	1.24	1.66	2.94	1.02
10	0.95	0.73	1.57	1.45	2.57	1.13
Mean \pm SD	0.72 \pm 0.13	0.66 \pm 0.11	1.44 \pm 0.14	1.62 \pm 0.18	2.90 \pm 0.36	1.10 \pm 0.10

Table 2. Serial Tc-99m-MDP uptake ratio of the femoral head of group 2

Rabbit No.	24hrs	48hrs	Duration			
			1 wk	2 wks	3 wks	4 wks
1	0.69	0.67	0.60	0.56	0.39	0.58
2	0.63	0.76	0.73	0.59	0.38	0.46
3	0.73	0.64	0.75	0.61	0.40	0.50
4	0.78	0.52	0.44	0.53	0.36	0.36
5	0.58	0.59	0.54	0.41	0.21	0.42
6	0.54	0.65	0.67	0.43	0.30	0.45
7	0.82	0.73	0.82	0.65	0.32	0.49
8	0.84	0.80	0.74	0.62	0.32	0.48
9	0.75	0.66	0.69	0.52	0.28	0.47
10	0.63	0.58	0.42	0.48	0.34	0.49
Mean \pm SD	0.70 \pm 0.10	0.66 \pm 0.08	0.64 \pm 0.13	0.54 \pm 0.08	0.33 \pm 0.05	0.47 \pm 0.05

Table 3. Serial mean Tc-99m-MDP uptake ratio of femoral head in group 1 and 2

Group	24hrs	48hrs	Duration			
			1 wk	2 wks	3 wks	4 wks
1	0.72 \pm 0.13	0.66 \pm 0.11	1.44 \pm 0.14	1.62 \pm 0.18	2.90 \pm 0.36	1.10 \pm 0.10
2	0.70 \pm 0.10	0.66 \pm 0.08	0.64 \pm 0.13	0.54 \pm 0.08	0.33 \pm 0.05	0.47 \pm 0.05
P value	> 0.05	> 0.05	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001

그러나 이들은 반감기가 길거나 너무 짧고 인체에 피폭량이 많아 널리 사용하지 못하였다.

1963년 Boyd 등⁸⁾은 32p를 사용하여 대퇴경부 골절의 초기에 인공 대퇴골두를 삽입할때 대퇴골두를 제거하여 autoradiography를 시행하여 그 치밀도가 4.0이상시는 대퇴골두의 무혈성 괴사를 의심할 수 있다고 하였고 1974년 Riggins 등²²⁾은 개에서 대퇴골두하 골절을 만들어 18 F를 이용하여

대퇴골두의 혈행을 측정하고 흡수율이 증가하는 대퇴골두의 혈행이 있으나, 흡수율이 감소하거나 없을때에는 혈류장애를 의심할 수가 있다고 하였고, 1977년 Meyers 등¹⁹⁾은 Tc-99m-sulphur colloid를 이용하여 대퇴골 경부 골절의 97%에서 대퇴골두의 무혈성 괴사를 예견할 수 있다고 하였다

1980년 Greiff¹⁴⁾는 대퇴경부 골절후 분절 붕괴를 일으킨 3예에서 골주사 흡수율이 감소되거나 또는

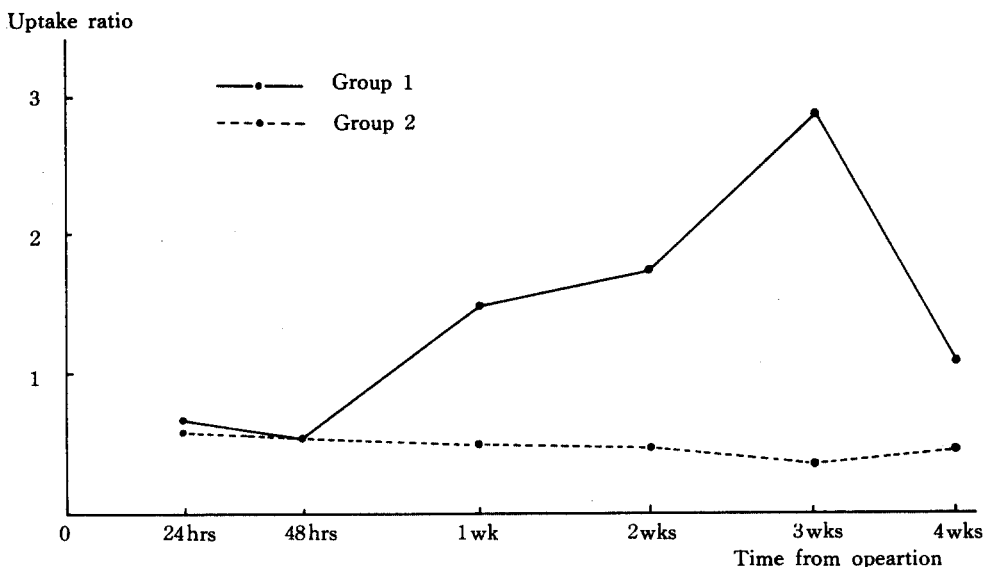


Fig. 4. Serial mean Tc-99m-MDP uptake ratio of the femoral head in group 1 and group 2.

없다고 하였다.

1980년 Bauer 등⁶⁾은 대퇴경부 골절환자에서 골주사를 시행하여 흡수정도를 눈으로 측정하여 4등급으로 분류하고 grade 0일때는 대퇴골두 괴사 또는 붕괴를 일으킬 수 있다고 하였다.

또한 1984년 Strömquist 등²⁴⁾은 39예의 대퇴경부 골절환자에서 대퇴골두, 경부, 전자부, 대퇴근위부 등의 관심영역(region of interest)을 컴퓨터로 분석하여 나타낸 수치를 경시적으로 관찰하고 대퇴골두의 흡수율이 1개월내에 1.0이상일때는 정상치유 과정을 거치나 1.0이하일때는 분절붕괴, 가관절증, 재전위 등을 일으킬 수 있으며, 따라서 수상후 1~3주 사이에 예후를 파악할 수 있다고 하였다.

1984년 Holmberg와 Thorngren¹⁵⁾은 117예의 대퇴경부 골절환자에서 수술전에 Tc-99m-MDP를 이용한 골주사를 시행하고 대퇴골두의 흡수율이 0.90이상일때는 골절부의 전위유무와 관계없이 합병증없이 골유합을 일으킬 수 있으나 0.66 ± 0.20 시는 재전위나 불유합을 일으키고 0.70 ± 0.26 시는 분절붕괴를 나타낸다고 보고하였다.

1984년 Alberts 등¹⁾은 대퇴경부 골절후 합병증을 일으킨 26예의 환자에서 Tc-99m-MDP를 시행하고 정상측과 골절부의 대퇴골두 흡수율의 비가 1.0이하(0.88 ± 0.37)일때는 불유합을 의미한다고 하였다.

저자는 대퇴경부 골절시 골절부의 고정이나 대퇴골두의 맥관재생에 어떤 영향을 미치는지를 알기

위하여 20마리의 가토를 이용하여 인위적으로 대퇴경부를 절골시키고 해부학적 정복과 Kirschner-wire로 고정시킨 경우(제1군)와 고정없이 전위시켰을때(제2군)의 대퇴골두의 골 흡수율의 변화를 비교 관찰한바, 제1군에서는 24시간에는 0.72 ± 0.13 으로 1.0이하를 나타냈으나, 1주일부터 1.44 ± 0.14 로 증가되기 시작하여 3주에는 2.90 ± 0.36 으로 최고로 증가되었다가 4주에는 1.10 ± 0.12 로 감소된 소견을 나타냈으나, 제2군에서는 24시간에는 0.70 ± 0.10 을 나타냈고, 1주일에는 0.64 ± 0.13 으로 감소되고, 4주에는 0.47 ± 0.05 로 더욱 감소되었으며, 전 관찰기간 동안 계속 1.0이하를 나타내었다.

또한 가토의 수술 후 활동상태에서 경시적으로 관찰한 단순방사선 촬영을 통해 해부학적 정복 및 내고정을 시행한 제1군에서는 골절부위는 불유합 또는 부정유합 없이 전부 유합됨을 볼 수 있었으나 반면에 해부학적 정복 및 내고정을 시행치 않은 제2군에서는 방사선 촬영상 불유합 또는 부정유합등을 볼 수 있었다.

이와 같은 제1군과 2군의 치유과정의 차이는 신생골 형성이 제2군에서 제1군보다 저하되기 때문이며, 이러한 신생골 형성의 저하는 골대사의 저하와 불안정 골절인 제2군에서 체중부하로 골절부에 염증반응이 증가되어 모세혈관 삼투작용의 증가로 국소의 혈류공급은 증가했으나 hydroxyapatite는 오히려 유실되는데 기인한다고 사료된다.

Bauer 등⁶⁾, Strömquist 등²⁴⁾ 및 Holmberg 와

Thorngren 등¹⁵⁾은 대퇴경부 골절에서 대퇴골두의 무혈성 괴사가 오는 예에서는 수술후 초기 1주일 이내에는 대퇴골두의 흡수율이 1.0이하를 나타내나 무혈성 괴사없이 정상치유를 하는 예에서는 3~4주 이내에 1.0이상을 나타낸다고 하였다.

본 실험에서도 제 1 군은 4주에 1.10 ± 0.12 로 1.0이상을 나타냈고 X-선상 골절부의 유합을 일으켰으며, 제 2 군에서는 4주에 0.47 ± 0.05 를 보이고 X-선상 골절부의 불유합을 나타내는 것으로 보아 제 2 군에서는 골절부의 전위로 인하여 대퇴골두로 가는 혈관이 손상되어 대퇴골두의 혈류공급이 감소되기 때문이라고 생각된다.

그러나 양군 모두 저자가 관찰한 4주의 짧은 기간에는 방사선 촬영상에서 대퇴골두 괴사의 초기 소견인 골두의 경화(sclerosis) 및 미세골절(microfracture)등은 전혀 볼 수 없었다.

따라서 대퇴골두 괴사의 발생여부에 대하여는 계속적으로 관찰하고자 한다.

이상의 결과등에 의하면 대퇴골 경부 골절환자에서 초기에 해부학적 위치로 견고한 내고정을 시행함으로써 맥관재생과 골절부의 유합에 도움을 주어 합병증을 최대한 방지할 수 있다고 사료된다.

결 론

저자는 대퇴경부 골절시 내고정하였을 때와 내고정 없이 전위시킨 경우에 있어 동위원소를 이용한 대퇴골두의 흡수율을 비교 관찰하여 초기 내고정이 골절후 대퇴골두의 맥관재생에 주는 영향을 알기 위하여 실험적으로 성숙가로 20마리를 이용하여 인위적으로 대퇴골 경부 골절을 만들고 이중 10마리는 해부학적 위치로 정복하고 2개의 Kirschner-wire로 고정을 한후 이것을 제 1 군으로 하고, 나머지 10마리는 고정없이 전위된 상태로 놓아두고 이것을 2 군으로 하여 양군에서 Tc-99m-MDP로 골주사를 24시간, 48시간, 1주, 2주, 3주 및 4주 간격으로 경시적으로 시행하고 pixel counting으로 대퇴골두의 흡수율을 정량적으로 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 제 1 군에서는 대퇴골두의 흡수율은 1일에는 평균 0.72 ± 0.13 이었으나 1주일에는 1.44 ± 0.14 로 증가되었고, 3주일에는 2.90 ± 0.36 으로 최고로 증가되었다가 1개월에는 1.10 ± 0.12 를 나타냈다.

2. 제 2 군에서는 대퇴골두의 흡수율은 1일에는 평균 0.70 ± 0.10 이었으나, 1주일에는 0.64 ± 0.13 으로 감소되기 시작하여 3주일에는 0.33 ± 0.05 로 더욱 감

소된 소견을 보였고, 1개월에도 0.47 ± 0.05 로 계속 감소된 소견을 나타냈다.

3. 이상의 결과로서 대퇴경부 골절부의 해부학적 정복 및 초기 내고정이 대퇴골두의 혈행회복에 도움을 줄 수 있다는 것을 추정할 수 있다.

< 이 논문을 완성함에 있어서 시종 지도와 노고를 베풀어 주신 동위원소실의 이 민재 교수님께 깊은 감사를 드립니다 >.

REFERENCES

- 1) Alberts, K.A., Dahlborn, M., Ringertz, H. and Söderberg, B.: *Comparison of skeletal and bone marrow radionuclide scintimetry of femoral neck fracture. Acta Orthop. Scand.*, 55: 612, 1984.
- 2) Arnold, C.C. and Lemperg, R.K.: *Fracture of the femoral neck. Clin. Orthop.*, 129: 217, 1977.
- 3) Arnold, W.D., Lyden, J.P. and Minkoff, J.: *Treatment of intracapsular fracture of the femoral neck with special reference to percutaneous Knowles pinning. J. Bone and Joint Surg.*, 56A: 254, 1974.
- 4) Banks, H.H.: *Non-union in fracture of the femoral neck. Orthop. Clin. North Am.*, 5: 865, 1974.
- 5) Barnes, R.: *The diagnosis of ischemia of the capital fragment in femoral neck fractures. J. Bone and Joint Surg.*, 44B: 760, 1962.
- 6) Bauer, G., Weber, D.A., Ceder, L., Darte, L., Egund, N., Hansson, L.I. and Strömqvist, B.: *Dynamics of technetium-99m methylene diphosphate imaging on the femoral head after hip fracture. Clin. Orthop.*, 152: 85, 1980.
- 7) Bayliss, A.P. and Davidson, J.K.: *Traumatic osteonecrosis of the femoral head following intracapsular fractures. Clin. Radiol.*, 28: 407, 1977.
- 8) Boyd, H.B. and Calandruccio, R.A.: *Further observation on the use of radioactive phosphorus to determine the viability of the head of the femur. J. Bone and Joint Surg.*, 45A: 445, 1963.
- 9) Brünner, S., Christiansen, Y. and Kristensen, I.V.: *Arteriographic prediction of femoral*

- head viability in medial femoral neck fracture. *Acta Chir. Scand.* 133 : 449, 1967.
- 10) Catto, M. : A histological study of avascular necrosis of the femoral head after transcervical fracture. *J. Bone and Joint Surg.*, 47B : 749, 1965.
 - 11) Catto, M. : The histological appearance of late segmental collapse of the femoral head after transcervical fracture. *J. Bone and Joint Surg.*, 47B : 777, 1965.
 - 12) Fielding, J.W., Wilson, S.A. and Ratzan, S. : A continuing end result of displaced intracapsular fractures of the neck of the femur treated with the Pugh nail. *J. Bone and Joint Surg.*, 56A : 1464, 1974.
 - 13) Garden, R.S. : Malreduction and avascular necrosis in subcapital fractures of the femur. *J. Bone and Joint Surg.*, 53B : 183, 1971.
 - 14) Greiff, J., Lanng, S., Höilund-Carlsen, P., Karle, A. and Uhrenholdt, A. : Early detection by $^{99m}\text{Tc-Sn-pyrophosphate}$ scintimetry of femoral head necrosis following medial femoral neck fractures. *Acta Orthop. Scand.*, 51 : 119, 1980.
 - 15) Holmberg, S., and Thorngren, K.G. : Preoperative $^{99m}\text{Tc-MDP}$ scintimetry of femoral neck fractures. *Acta Orthop. Scand.*, 55 : 430, 1984.
 - 16) Hulth, A. : Intraosseous venographies of medial fractures of the femoral neck. *Acta Orthop. Scand. (Suppl.)* : 214, 1956.
 - 17) Metz, C.W., Sellers, T.D., Feagin, J.A. and Levine, M.J. : 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.
 - 18) Meyers, M.H., Harvey, J.P. and Moore, T.H. : The treatment of displaced subcapital and transcervical fracture of the femur by muscle bone graft and internal fixation, A preliminary report on 150 cases. *J. Bone and Joint Surg.*, 55A : 257, 1973.
 - 19) Meyers, M.H., 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, 1977.
 - 20) Moore, A.T. : Hip joint fracture (A mechanical problem). *A.A.O.S. Instructional Course Lectures*, 10 ; 35, 1953.
 - 21) Müssbichler, H. : Arteriographic investigation of the hip in adult human subject. *Acta Orthop. Scand. (Suppl.)* : 132, 1970.
 - 22) Riggins, R.S., et al. : Assessment of circulation in the femoral head by $^{18}\text{-F}$ scintimetry. *J. Nucl. Med.*, 15 : 183, March. 1974.
 - 23) Sevitt, S. : Avascular necrosis and revascularization of the femoral head after intracapsular fractures. *J. Bone and Joint Surg.*, 46B : 270, 1964.
 - 24) Strömquist, B., Brismar, J., Hansson, L.I. and Palmer, J. : Technetium 99m -methylene diphosphate scintimetry after femoral neck fracture. *Clin. Orthop.*, 178 : 177, 1983.
 - 25) Tucker, F.R. : The use of radioactive phosphorus in the diagnosis of avascular necrosis of the femoral head. *J. Bone and Joint Surg. (Br)*. 32B : 100, 1950.
 - 26) Woodhouse, H. : An instrument for measurement of oxygen tension in bone. *J. Bone and Joint Surg.*, 49B : 608, 1967.