

대퇴골경골관절 연골간격 측정을 위한 방사선학적 신기법

가톨릭의과대학 부속성모병원 정형외과

김 정 만 · 김 양 · 손 종 민

=Abstract=

A New Radiographic Thchnique for the Measurement of Cartilage Space of the Femorotibial Articulation

Jung-Man Kim, M.D., Yang Kim, M.D. and Jong-Min Sohn, M.D.

*Department of Orthopaedic Surgery, St. Marys Hospital, Catholic University
Medical College, Seoul, Korea*

Wear of articular cartilage usually occurs at flexion zones (30°-60°) of the femorotibial articulation, which is demonstrable on the 45° posteroanterior (PA) weight-bearing view.

The authors measured and evaluated the cartilage space on the non weight-bearing AP view, AP extension weight-bearing view and 45° PA flexion weight-bearing view, comparing operative findings in cases of 18 osteoarthritis, 7 rheumatoid arthritis and 2 spontaneous osteonecrosis of the lateral femoral condyle, who underwent total or hemiarthroplasty(1 case) of the knee.

The results were as follows.

1. Operative findings of 11 out of 18 osteoarthritis (61.1%) showed cartilage defect of middle 3/4-4/5 of the medial tibial condyle (sparing finger tip sized anterior & posterior edge) and corresponding femoral condyle.

The cartilage space on the AP non weight-bearing, AP extension weight-bearing and 45° PA flexion weight-bearing view were normal to 20% decrease (4.1-5.0 mm remained), 60-80% decrease (1.1-2.0 mm remained) and 80-100% decrease (0-1.0 mm remained), respectively, showing one grade increased cartilage space narrowing on the 45° PA flexion weight-bearing view comparing to AP extension weight-bearing view.

2. Uniform cartilage defect of medial compartment was found in 7(38.9%) osteoarthritic knees. The cartilage space on the non weight-bearing AP view were normal. Both AP & PA weightbearing views showed 60-80% decrease (1.1-2.0 mm remained) in 3 knees & 80-100% decrease (0-1.0 mm remained) in 4 knees without any difference between the two views.

3. Uniform cartilage space narrowing of both medial & lateral compartment was noted in 7 rheumatoid knees. The cartilage space on the AP non weight-bearing view were 20-40% decrease (3.1-4.0 mm remained) in all knees. The AP extension & 45° PA flexion view showed 40-60% decrease (2.1-3.0 mm remained) in 2 knees, 60-80% (1.1-2.0 mm remained) in 5 knees respectively without any difference between two groups.

4. The anterior horn of menisci was always intact. The presence of menisci didn't affect the radiological cartilage space.

*본 논문은 1988년 대한정형외과학회 추계 학술대회에서 구연되었음.

*본 연구는 1988년도 가톨릭중앙의료원 연구 조성비로 이루어졌음.

5. The 45° PA flexion weight-bearing view functioned as a tunnel view showing bone defect and less than 20% decrease of cartilage space in cases of the spontaneous osteonecrosis of the lateral femoral condyle.

From our results it was concluded that the radiologic cartilage space could be more accurately demonstrated with 45° PA flexion weight-bearing view in addition to the conventional AP extension weight-bearing view.

Key Words : Cartilage space, Femorotibial articulation, 45° PA weight-bearing view.

서 론

슬관절의 치료에 있어 대퇴골경골간관절 연골 간격 (cartilage space)의 정확한 파악은 인공 슬관절치환술이나 근위 경골절골술 (high tibial osteotomy)의 적응증을 선택하고 예후를 예측 하는데 필수적이며 특히 골성관절염에 있어서는 더욱 그러하다.

1986년 Ahlbäck은 관절연골 손실을 정확히 파악하기 위하여 신전위 체중부하전후면상이 중요함을 강조하였다¹⁾.

그러나 이러한 방법도 정도에 따라 가양성이나 가음성인 경우가 종종 있을수 있었다. 또한 근래 관절경술의 급속한 발달에도 불구하고 연골 간격 협소화의 정도 판정에는 이용되지 못하고 있으며 이는 연골이 완전 파괴되지 않으면 표면 관찰에 불과한 관절경 소견으로는 그 파괴 정도 (깊이)를 알수 없고 또 일상검사로 시행하기에는 너무 복잡한 절차가 필요하기 때문이다.

따라서 저자들은 많은 예의 관절염 환자의 관절경 수술 및 인공 관절치환술에서 관절연골 손실은 경골과골의 전 후면보다는 중간부위에 더 빨리 그리고 흔히 움을 관찰하였고, 이 부위는 30-60도 굴곡위에서 대퇴골과 접촉하는 부위 이므로 굴곡위에서 체중부하 후전면상을 얻어야 더 정확히 연골간격 파괴를 알수 있지 않을까하여 Rosenberg들의¹⁰⁾ 45도 굴곡위 체중부하 후전면상을 채택하였으며, 그 의의를 밝히기 위하여 이 연구를 기획하였다.

대상 및 방법

총 19명 27슬관절로서 골성관절염 18예, 류마티스관절염 7예, 외측대퇴골 자연적골괴사증 (spontaneous osteonecrosis) 2예등이었다. 후자를 제외하고 모두 내측이 외측 구획보다 협소하였다.

연령은 골성관절염은 51-70세, 류마티스관절염은 21-70세, 자연적골괴사증에서는 61-80세였고 (Table 1), 남자 3명 여자 16명이었다 (Table 2). 양측을 침범한 경우는 골성관절염 6예와 류마티스관절염 2예로 총 8예의 16관절 (42.1%)이었다 (Table 3).

먼저 정상 연골 간격을 측정하되 내측과 외측 대퇴골경골간 간격을 구별하였다. 슬관절염이 발생치 않은 연령의 (20-29세) 슬관절 체중부하 전후면상을 30예 측정하여 그 상하한치를 정상으로 하였다. 그 결과 내측 연골간격은 4.5-5.0 mm 외측은 5-6.0 mm가 정상이었다. 또 수술소견상 관절연골이 완전히 소실된 예들의 X-선상 연골 간격은 0-0.8 mm였으므로 1.0 mm미만은

Table 1. Age

	O. A	R. A	S. O	Total
21-30		2		2
31-40		1		1
41-50				
51-60	4	1		5
61-70	8	1	1	10
71-80			1	1
Ttal	12	5	2	19

O. A : Osteoarthritis.

R. A : Rheumatoid arthritis.

S. O : Spontaneous osteonecrosis.

Table 2. Sex

	O. A	R. A	S. O	Total
Male	1	1	1	3
Female	11	4	1	16
Tptal	12	5	2	19

O. A : Osteoarthritis.

R. A : Rheumatoid arthritis.

S. O : Spontaneous osteonecrosis.

연골 간격의 완전 소실로 보았다. 그리하여 다음과 같이 정도를 정하였다.

	내측	외측	감소량(추정)
정상 : 4.1 mm 이상	5.1 mm 이상		0-20%
1도 : 3.1-4.0mm	3.1-5.0 mm		21-40%
2도 : 2.1-3.0mm	2.1-3.0 mm		41-60%
3도 : 1.1-2.0 mm	1.1-2.0 mm		61-80%
4도 : 0 -1.0 mm	0 -1.0 mm		81-100%

대개의 골성관절염에서는 비체중부하 전후면상에서는 정상이나 류마티스양관절염등에서는 관절간격이 좁아지기도하므로 비체중부하전후면상을 일상 검사로 하되 기준상으로 채택치는 않았다.

먼저 비체중부하 전후면상에서 관절간격을 측정하고 체중부하 신전위 전후면상(AP extension weight-bearing view)과 체중부하 45도 굴곡위 후전면상(45 PA flexion weight-bearing view)에서의 협소화된 쪽의 관절간격을 측정하였으며, 인공관절치환술 예들(전치환술 26 슬관절, 부분치환술 1 슬관절)의 수술소견을 기록하고 사진 촬영하여 그 상관관계를 비교하였다.

촬영방법

Table 3. Site

	O. A	R. A	S. O	Total (Joint)
Right	3	3	1	7
Left	3		1	4
Both	6(12)	2(4)		8(16)
Total	12(18)	5(7)	2	19(27)

() : Number of joint

O. A : Osteoarthritis

R. A : Rheumatoid arthritis

S. O : Spontaneous osteonecrosis

Table 4. The cartilage defect and radiological cartilage space in osteoarthritis

Op. finding	Partial defect (flexion zone only)		Total defect (both extension & flexion zone)	
Non WB AP	N : 11		N : 7	
WB EAP	2° ↓	3° ↓	3° ↓	4° ↓
WB 45° F PA	3° : 3	4° : 8	3° : 3	4° : 4
Total	11		7	

WB : Weight-bearing E : Extension F : Flexion N : Normal

1. 비체중부하 전후면상 : 양와위에서 전후면상을 촬영하였다.

2. 신전위 체중부하 전후면상 : 기립 상태에서 양 슬관절의 전후면상을 촬영하였다.

3. 45도 굴곡위 체중부하 후전면상 : 기립 상태와 45도 굴곡위에서 양슬관절후전면상을 촬영하였다. 이때 카세트는 슬관절 전면의 슬개골에 닿게대고 101.6cm(또는 40 inch)후방으로부터 10도 하방으로슬관절을 향해 X-선을 투사하였다(Fig. 1).

결 과

1. 골성관절염

18 관절중 11 예에서는 (61.1%) 수술 소견상 내측 경골과 (medial tibial condyle) 관절연골의 소실이 중간 3/4-4/5 로서 전방에 수지단 만 큼의 연골과 후방에 이보다 약간 더큰 넓이의 관절연골이 남아 있었으며 내측 대퇴골도 그에 상응하는 부위의 연골 소실이 있었다.

이들의 X-선 소견은 비체중부하 전후면상에

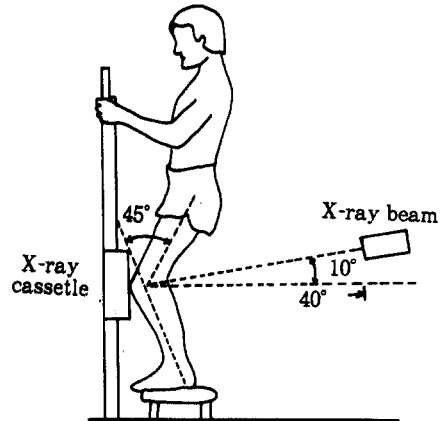


Fig. 1. Posteroanterior(PA) weight-bearing view of both knees with weight equally distributed.

Fig2. (a.b.c)

Fig. 2. The radiographic & operative findings of osteoarthritic left knee of 65 years old female. The AP extension weight-bearing view (2a) shows grade 1 cartilage space narrowing of the medial compartment, which becomes grade 2 in 45° PA flexion weight-bearing view (2b). The cartilage defect confines only in small area of flexion zone of medial tibial condyle and corresponding medial femoral condyle (2c). This finding reveals effectiveness of the 45° PA flexion weight-bearing view in detection of early stage of articular cartilage defect.

Fig. 3. The radiographic & operative findings of osteoarthritic right knee of 65 years old male. There is grade 3 in AP extension weight-bearing view (3a) and grade 4 cartilage space narrowing in 45° PA flexion weight-bearing view (3b). The articular cartilage in extension zone (dotted line) is still intact (3c).

서는 정상이었으며, 체중부하 신전위 전후면상에서는 2도가 3예 (16.7%), 3도가 8예 (44.4%) 이었다.

체중부하 45도 굴곡위 후전면상에서는 상기 환자중 2도였던 3예가 3도로 (Fig. 2a, b, c) 모두 1도의 증가를 보여주었다 (Table 4). 나머지 7예에서도 역시 내측 경골과 관절연골의 소실과 그에 상응하는 내측 대퇴골의 소실을 보여 주었으나, 이때 경골과 관절연골의 전후면단은 관절연골이 없거나 겨우 직경 3 mm미만이 남아있어 방사선 촬영에는 무관한 정도로 간주 되었다 (Fig. 4c).

이들의 비체중부하 전후면상은 역시 정상이었으며 체중부하 신전위 전후면상 (Fig. 4a)에서는 3도 3예 (16.7%), 4도 4예이었고 (22.2%), 체

Fig3. (a.b.c)

중부하 45도 굴곡위후전면상 (Fig. 4b)에서도 같았다 (Table 4).

2. 류마티스양관절염

7예 모두 수술 소견상 균등한 관절연골의 소실을 보였으며 (Fig. 5c), 골성관절염 예들보다 경하였다. 비체중부하 전후면상에서도 내측 및 외측의 관절이 비슷하였다.

체중부하 신전위 전후면상 (Fig. 5a)에서는 2도 2예 (28.6%) 3도 5예 (71.4%) 였고, 체중부하 굴곡위 후전면상 (Fig. 5b)에서도 관절 간격이 같았다 (Table 5).

3. 자연적골괴사증

모두 외측 대퇴골에 발생하였으며 골파괴상이

Fig 4.(a.b.c)

Fig. 4. The radiographic & operative findings of osteoarthritic right knee of 53 years old female. The cartilage space narrowing of both AP extension weight-bearing view (4a) and 45° PA flexion weight-bearing view (4b) shows grade 4. The cartilage defect extends to extension zone in oprative finding (4c).

Fig 5.(a.b.c)

Fig. 5. The radiographic & operative findings of rheumatoid right knee of 28 years old female. There is uniform cartilage space narrowing in both AP extension (5a) and 45° PA flexion weight-bearing view (5b). (grade 1, lateral and grade 4, medial compartment) The findings are consistent with operative finding (5c).

체중부하 신전위 전후면상 (Fig. 6a) 에서는 잘 볼 수 없으나 체중부하 45도 굴곡위 후전면상에서 더욱 확실히 보여 (Fig. 6b) tunnel view와 같은 역할로 중간 후방부의 골 파괴상을 잘 보여주었다 (Fig. 6c). 관절 간격은 체중부하 45도 굴곡위 후전면상에서만 약간의 감소를 보였으며, 정도로는 정상범위내였다 (Table 5).

4. 반월상연골 파괴와의 관계

골성관절염 예들에서는 전례에서 내측 반월상연골의 후방 1/2-1/3 에서 퇴행성 파열상을 보였으며 류마티스양관절염에서는 내측이 외측보다 심하게, 그러나 비교적 균등한 중앙부의 (central part) 소실로 연골 넓이의 감소를 보였다. 그러나 남아 있는 반월상연골 밑에서도 관절연골의 파괴는 그대로 진행되어 있었다 (Fig. 7). 또 반월상연골의 전각 (anterior horn)은 비교

Table 5. The radiological cartilage space & cartilage defect in Rheumatoid arthritis & spontaneous osteonecrosis

	R. A		S. O
Non WB AP	1° : 7		N : 2
WB E AP	2° ↓	3° ↓	N ↓
WB 45° F PA	2° : 2	3° : 5	N : 2
Total	7		2

WB : Weight bearing F : Flexion
E : Extension N : Normal

적 건전하였으므로 반월상연골이 방사선학적 연골 간격의 크기에는 큰 영향을 주지 않음을 알 수있었다.

토 론

Fig6.(a.b.c)

Fig. 6. The radiographic & operative findings of spontaneous osteonclerosis of lateral femoral condyle of right knee of 74 years old male. The destruction of subchondral bone is hardly seen in AP extension weight-bearing view (6a), whereas it is clear in 45° PA flexion weight-bearing view (6b). The operative finding shows partially detached flap of articular cartilage and subchondral bone (6c). The 45° PA flexion view functioned as a tunnel view in this particular case.

Fig 7.

Fig. 7. The articular cartilage under the relatively intact menisci (which were surgically removed) showed cartilage defect. The menisci couldn't protect the articular cartilage from wear in most osteoarthritic knees.

슬관절염의 치료에 있어서 연골 간격의 정확한 측정은 중요한 지침이 된다⁴⁾.

특히 골성관절염의 경우 수술적 치료를 요하는지 여부를 결정하기 위해서 연골의 마모, 결손여부의 판정은 적응증의 선택에 결정적이라 할 수 있다.

1948년 Fairbank⁶⁾는 골성관절염에서 세가지 방사선 변화소견을 기술하였는데, 변연부골극, 대퇴골과의 편평화 및 연골 간격의 협소화가 그것이다. 그뒤 1968년 Ahlbäck은 이 연골 간격의 협소화를 알기 위해 신전위 체중부하 전후면상을 강조하였다¹⁾.

그러나 골성관절염 환자의 수술소견, 특히 슬관절 전치환술 시행시의 소견은 경골과의 전후면의 연골이 남아있고, 대퇴골의 연골 파괴부위도 슬관절 신전위 때에 경골과 접촉하는 부위보

다는 약간 후방인것을 자주 볼 수 있으며, 이 부위는 슬관절을 30-60도 굴곡시 대퇴골경골간 접촉부위에 해당한다. 다시 말해서 “굴곡부위(flexion zone)”라 할 수 있으며 이 부위에서 골성관절염이 조기에 빈발하는데 이는 접촉면이 좁아 스트레스가 더 증가하며, joint reaction force가 stance phase의 30-60도 굴곡시 최대가 되고, 반월상연골의 체중부하작용도 신전위에서 최대가 되나 굴곡시에는 줄어들며, 굴곡시 관절 연골에 가해지는 shear stress가 증가하기 때문이다¹⁰⁾. 그러므로 신전위에서의 대퇴골경골간 접촉 부위는 굴곡위 접촉 부위가 모두 마모된 후에 오게 된다는 것이다. 따라서 조기의 골성관절염시 신전위에서는 X-선상 연골간격의 협소화가 보이지 않고 굴곡시에만 보이게 된다(Fig. 8).

그러므로 본 연구에서와 같이 골성관절염 환

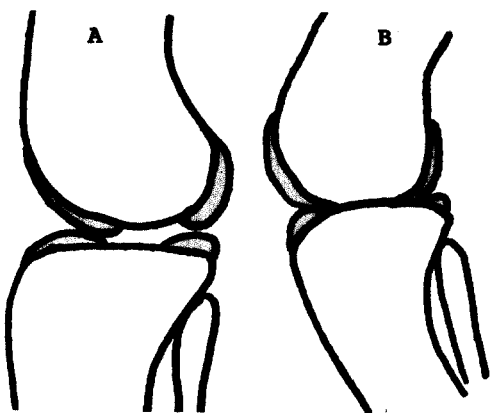


Fig. 8. The articular cartilage of anterior end of both femoral and tibial condyle usually remains intact. That is why the cartilage space on the A-P weight bearing view is still preserved to some extent (A) although it is already narrow in 45° PA flexion weight bearing view (B)

자에게서 비교적 덜 심한 예에서는 신전위보다 45도 굴곡위상에서 1도 정도 더 협소된것을 보여주는 것으로 생각된다. 그러나 아주 심화된 예에서는 별차이가 없어지는데 이때는 신전위 접측면에도 연골 마모가 일어나 있기 때문이다.

류마티스양관절염은 골성관절염과 달리 비교적 연령이 젊고 연골 파괴의 기전이 대퇴골경골간 관절 접촉에 의한 마모라기 보다는 류마티스로 인한 염증으로 연골이 파괴된 것이기 때문에^{3,7,9)} 연골파괴가 비접측면에도 진행되어 비교적 균일한 양상을 보인다. 따라서 X-선상의 비체중부하상에서도 약간의 연골간격협소를 보이게 되며, 신전위나 굴곡위체중부하상에서 차이를 알기 어렵다. 자연적골괴사증은 연골하골의 괴사로서^{2,8,11)}, 본증례들에서는 연골의 부분적 파괴는 있었지만 관절 간격의 미소한 감소는 연골하골의 침강 때문에 보이는 현상인것으로 해석된다.

이 경우 체중부하 45도 굴곡위 후전면상은 tunnel view역할을 함으로서 신전위전후면상에서 볼 수 없거나 희미하게 보이는 것도 정확히 볼 수 있어 오진의 기회를 줄여주는 효과가 있었다. 반월상연골은 체중부하를 하는 주된 구조물이라고 하였으나^{5,12,13,14)}, 본 연구에서 보면 반월상 연골이 남아 있는 경우에도 그 하부의 관절 연골이 마모되는 것으로 보아 체중부하시 가해지는 compression force에는 일익을 담당하겠지만 shear 나 tensile force등에는 관절 연골을 보호

하지 못하는 것으로 추정된다.

본 연구에서는 반대편 X-선을 기준하지 않고 젊은이의 통계치를 기준으로 하였는데 이는 고령에서는 약간의 관절간격의 협소는 올수 있어 기준이 될수 없고 또 양측이 많아(42.1%) 비교가 되지 않았기 때문이다.

요 약

슬관절염 치료 지침으로서의 가치가 큰 대퇴골경골간관절 연골 간격의 방사선학적 변화를 조기에 정확히 측정하기 위해 종래의 비체중부하 신전위 전후면상, 체중부하 신전위 전후면상에 덧붙여 체중부하 45도 굴곡위 후전면상을 촬영하여 그 의의를 분석하였다. 총 19명 27관절로서 슬관절전치환술(26관절) 또는 부분치환술(1관절)을 시행하여 육안적 소견으로 확인된 예들을 대상으로 하였다. 이들은 골성관절염 18예, 류마티스양관절염 7예, 대퇴골외과골 자연적골괴사증 2예였다. 남자 3명, 여자 16명으로 21-80 세사이였고, 양측 침범이 8예(42.1%)였다.

결과는 다음과 같다.

1. 골성관절염에서는 18예중 11예(61.1%)에서 수술 소견상 경골 내과의 3/4 부위와 그에 상응하는 대퇴골 내과의 연골 결손이 있었으나 전방에 수지단 크기의, 그리고 후방에 이보다 약간 더 큰 크기의 연골이 남아 있었다. 방사선 소견상 비체중부하전후면상, 체중부하 신전위 전후면상, 그리고 체중부하 45도 굴곡위 후전면상에서 각각 정상 내지 20% 감소(4.1-5.5 mm 남음), 60-80% 감소(1.0-2.0mm 남음) 그리고 80-100% 감소(0-1.0 mm 남음)를 보여 체중부하 신전위 전후면상보다 체중부하 45도 굴곡위 후전면상에서 1도 증가한 관절 간격의 협소화를 보였다.

2. 나머지 7예(38.9%)의 골성관절염 예들에서는 수술 소견상 신전위 접측면을 포함한 내측 구획의 균등한 연골의 손실을 보였고, 방사선상 연골 간격은 비체중부하 전후면상 정상이었으나, 체중부하신전위전후면상, 그리고 체중부하 45도 굴곡위후전면상에서는 차이없이 3예에서 60-80% 감소(1.1-2.0 mm 남음), 그리고 4예에서 80-100% 감소(0-1.0 mm 남음)를 보였다.

3. 류마티스양관절염 7예에서는 내, 외측 구획이 모두 연골간격 협소를 보였으나 골성관절염 보다는 경미하였다.

비체중부하 전후면상에서는 전예에서 21-40% 감소 (3.1-4.0 mm 남음)를 보였고, 체중 부하상에서는 신전위전후면상이나 45도 굴곡위 후전면상 모두 같이 2예에서 40-60% 감소 (2.1-3.0 mm 남음)를, 그리고 5예에서는 60-80% 감소 (1.1-2.0 mm 남음)를 보여 두 촬영법 사이에 차이가 없었다.

4. 반월상연골의 전각부는 항상 정상이었으며 반월상연골의 존재가 방사선상연골 간격에는 영향을 주지 않았다.

5. 체중부하 45도 굴곡위 후전면상은 tunnel view 역할도 하여 대퇴골외측과골의 자연적 골괴사에서 신전위 상에서는 볼 수 없는 골결손상과 약간의 (20%미만) 연골간격 감소를 보였다. 이상의 결과로 미루어 방사선상 연골 간격은 종래의 체중부하신전위전후면상에 체중부하 45도 굴곡위 후전면상을 추가함으로써 마모상을 더 조기에 정확히 할 수 있었다.

REFERENCES

- 1) Ahlbäck, S. : *Osteoarthritis of the Knee. A Radiographic Investigation. Acta Radiolog. Suppl.*, 277, 1968.
- 2) Ahlbäck, S., Bauer, G. H., and Bohne, W. H. : *Spontaneous Osteonecrosis of the Knee. Arthritis and Rheumatism*, 11 : 705-733, 1968.
- 3) Chaplin, D. M. : *The Pattern of Bone & Cartilage Damage in the Rheumatoid Knee, J. Bone and Joint Surg.*, 53-B : 711-717, 1971.
- 4) Coventry, M. B. : *Osteotomy about the Knee for Degenerative and Rheumatoid Arthritis. Indications, Operative Technique, and Results. J. Bone and Joint surg.*, 55-A : 23-48, 1973.
- 5) Cox, J. S., Nye, C. E., Schaefer, W. W., and Woodstein, I. J. : *The Degenerative Effects of Partial and Total Resection of the Medial Meniscus in Dogs' Knees. Clin. Orthop.*, 109 : 178-183, 1975.
- 6) Fairbank, T. J. : *Knee Joint Changes after Meniscectomy. J. Bone and Joint Surg.*, 30-B : 664-670, 1948.
- 7) Greens, S. : *Synovectomy and Debridement of the Knee in Rheumatoid Arthritis. Part 1. Historical Review. J. Bone and Joint Surg.*, 51-A : 617-625, 1969.
- 8) Marmor, L. : *Osteonecrosis of the Knee. Medial and Lateral Involvement. Clin. Orthop.*, 185 : 195-196, 1984.
- 9) Mills, K. W. : *Joint pathology in R. A. J. Bone and Joint Surg.*, 52-B : 392, 1970
- 10) Rosenberg, T. D., Paulos L. E., Parker R. D., Coward, D. B & Scott, S. M. : *The 45° PA Flexion Weight-bearing Radiograph of the Knee. AAOS. Photograph Display*, 1988.
- 11) Rozing, P. M., Insall, J., and Bohne, W. H. : *Spontaneous Osteonecrosis of the Knee. J. Bone and Joint Surg.*, 62-A : 2-7, 1980.
- 12) Seedhom, B. B., Dowson, D., and Wright, V. : *Functions of the Menisci. A Preliminary Study. In Proceedings of the British Orthopaedic Research Society. J. Bone and Joint surg*, 56-B : 381-382, 1974.
- 13) Shrive, N. : *The Weight-bearing Role of the Menisci of the Knee : In Proceedings of the British Orthopaedic Research Society. J. Bone and Joint Surg.*, 56-B : 381, 1974.
- 14) Walker, P. S. and Erkman, M. J. : *The Role of the Menisci in Force Transmission Across the Knee. Clin. Orthop.*, 109 : 184-192, 1975.