

## 인간 슬관절의 초기 발생

이화여자대학교 의과대학 정형외과학교실, \*연세대학교 의과대학 정형외과학교실  
\*\*연세대학교 의과대학 해부학교실

김동욱 · 장준섭\* · 박형우\*\*

### — Abstract —

### The Early Development of The Human Knee Joint

Dong-Wook Kim, MD, Jun-Sub Jahang, MD\* and Hyung-Woo Park, MD\*\*

*Department of Orthopaedics, College of Medicine, Ewha Womans University*

*\*Department of Orthopaedics, College of Medicine, Yonsei University*

*\*\*Department of Anatomy, College of Medicine, Yonsei University*

As the arthroscopic surgery of the knee joint has taken rapid strides recently, the knowledge of the structure and development of the joint are getting needed more and more.

An embryological study about the development of the human knee joint was carried out using a total of 23 knees of human embryos. Serial sections of 23 embryos aged 5-8 postovulatory weeks (12-31 mm C.R.) and 3-dimensional reconstruction were examined. The embryos have been staged according to Carnegie's 'developmental stages'.

The femur, tibia and fibula had begun to undergo chondrification by stage 18. The patella had commenced chondrification at stages 23. As the mesenchymal model began to chondrify, concomitant changes occurred in the region of the presumptive knee joint to create the interzone (stage 19-20). The following structures became condensed successively : patellar tendon (18-19), lateral collateral ligament and popliteus tendon (19-20), cruciate ligaments (20-22), meniscus (21-22).

In summary, the differentiation from a generalized cellular blastema to a joint resembling the adult in form and arrangement occurred in only a relatively few days. By the end of the embryonic period proper (stage 23, 8 postovulatory weeks), all the elements of the knee joint were present in a form and arrangement closely resembling those of the adult. It seems that the embryological studies are more required to clarify the structures having many variants such as synovial plica, meniscus, and the development of the joint cavity through this study.

**Key Words :** Human knee joint, Embryological study

※ 통신저자 : 김 동 응

서울시 양천구 목동 911-1

이화여자대학교 의과대학 정형외과학교실

## 서 론

인체에서 가장 복잡한 관절 중의 하나인 슬관절은 대퇴골, 경골 및 솔개골 등 3개의 골로 이루어지며 관절낭, 윤활막, 측부인대, 그리고 관절 외부에서 이 관절을 가로지르는 여러 근육, 또한 관절 내부에서는 양측의 반월상 연골과 전, 후십자인대 등의 구조 등에 의해 지지된다<sup>7)</sup>. 최근 정형외과학 분야에서도 내시경을 이용한 관절경술이 도입되어 활발히 이용되고 있으며, 여러 관절 중에서도 슬관절이 가장 흔히 적용되고 있다. 관절경술의 발달로 이 부위에 대한 정확한 해부학 지식이 필요해졌다. 이러한 지식은 사체 해부를 통해 얻을 수도 있으나, 변이가 심한 활막추벽(synovial plica)이나, 때로 나타날 수 있는 원판형 연골 등에 있어서는 이러한 구조들이 어떻게 발생하는가를 이해하는 것이 중요한 것으로 알려져 있다. 또한 관절경을 이용한 십자인대 재건술 시 후외측 구조의 동반 손상이 주요 실패 요인으로 알려져 있으나, 이 구조들에 대해서도 논란이 많은 실정이다.

인간에서 슬관절의 발생은 1878년 Bernays<sup>3)</sup>가 처음 연구하여 관절의 형태가 주로 유전적으로 결정된다고 하였으며, 슬관절에서 세 층으로 분화하는 중간대(interzone)가 연골의 성장 중심이라 하였다. 이후 정중원<sup>2)</sup>, Bernays<sup>3)</sup>, Gray와 Gardner<sup>6)</sup>의 보고 등 슬관절의 발생에 대한 연구가 있었으나 연구 대상이나 방법이 체계적이지 못하였다. 특히 배자의 경우에는 발생 단계를 정하는데 많은 문제가 있어 왔으며, 최근 카네기 발생기<sup>10)</sup>가 가장 보편 타당한 것으로 인정되고 있으나 이 발생기를 이용한 것은

O'Rahilly와 Gardner의 보고<sup>15)</sup> 이외에는 거의 없는 실정이다. 또한 발생에 따라 변하는 슬관절 구조들의 배열을 삼차원 재구성을 이용하여 입체적으로 분석한 보고는 없었다. 따라서 저자들은 인간 배자에서 삼차원 재구성을 이용하여 슬관절을 이루는 구조들이 어떻게 발생하는가를 분석해 보았다.

## 연구 대상 및 방법

재료로는 연세대학교 의과대학 해부학교실에 수집, 보관된 인간 배자 23예를 카네기 발생기<sup>16)</sup>를 기준으로 분류하여 전체 혹은 슬관절 부위 만을 떼어 사용하였다. 10% formalin으로 고정한 후 70%, 80%, 95% 및 100% alcohol로 탈수하고 histoclear로 투명 처리하였다. 이어 파라핀으로 포매하고 7-10 $\mu\text{m}$  두께로 연속절편을 만든 후 hematoxylin과 eosin, Masson's Trichrome으로 염색하였다. 만들어진 표본을 광학 현미경 하에서 관찰한 후 이를 토대로 삼차원 재구성 모형을 만들었다. 조직 표본 관찰만으로는 슬관절의 발생을 정확히 이해하기 힘들기 때문에 삼차원 재구성 모형을 만들어 각 구조 사이의 상호 관계 등을 관찰 분석하였다. 삼차원 재구성 모형은 박형우와 강윤선<sup>11)</sup>의 방법을 이용하였다. 제작된 조직 절편은 측정 막대가 구비되어 있는 현미경에서 적절한 배율로 촬영한 후 인화하고 이를 도화지에 두께에 맞추어 복사하여 사용하였다. 도화지에 붙인 각 조직 단면은 외형 및 내부의 공간을 칼로 오려내고, 조직 표본 제작 과정에서는 각 절편마다 일정한 축을 정할 수 없기에 소위 'best fit method'를 이용해 조직을 쌓아 올려 도화지로 이루어진 재구성 모형을 제작하였다. 각 절편을 컴퓨터에 입력하여 삼차원 재구성 모형을 얻었으며, 이 모형에서 슬관절을 이루는 여러 구조들 사이의 관계를 관찰 분석하였으며, 이것을 토대로 연속 조직 표본을 광학현미경을 이용하여 슬관절의 초기 발생 및 관절을 이루는 구조들의 발달과 조직학적 특성을 면밀히 관찰하였다.

본 연구에 사용된 배자들의 목록은 Table 1에 있다.

Table 1. Embryos used in the present study

Carnegie's stage	Estimated age in postovulatory days	No.
16	38	2
17	40	4
18	44	3
19	47	3
20	50	3
21	52	3
22	54	2
23	56	3

## 결 과

### 1. 발생 16기

발생 16기에는 원시족판이 뚜렷해지면서 하지의 나머지 부분과 흄으로 구분되었으며, 조직 단면에서는 긴경이 분포되고 중간엽의 축합이 뚜렷하였으나 골격 성분은 구별할 수 없었다.

### 2. 발생 17기

발생 17기의 원시족판은 등근 주걱 모양이며, 하지의 나머지 부분과 뚜렷하게 구분되었다. 아직 족지방사 (toe ray)는 관찰되지 않았고, 족판 둘레에서 두터운 족지판 (digital plate)이 관찰되었다. 발생 17기에 하지싹의 중간엽은 대퇴골, 경골 및 비골로 세분화되기 시작하였다. 후기 배자에서는 각 뼈의 영역이 분명해졌으며, 세포가 커지고 세포간질이 많아지는 등 연골화의 초기 변화를 나타내었다. 대퇴골과 경골의 원기가 뚜렷하게 구별되면서, 슬관절이 될 부위는 두 뼈 사이에 위치한 치밀한 부위로 관찰되었다(Fig. 1-A, B).

### 3. 발생 18기

발생 18기 배자의 하지에서는 족지방사 (toe ray)가 관찰되었다. 대퇴골, 경골 및 비골의 연골화는 이전 발생기에 비해 크게 진행되었다. 그러나 슬관절과 관계되는 대퇴골 및 경골의 부분은 아직 구별되지 않았다. 대퇴골 전측에서는 대퇴사두근의 분화가 시작되었고, 일부 배자에서 이 근육의 섬유성 부분은 원위측으로 이어져 경골 전방으로 뻗었으며, 이것이 슬개건의 원기를 이루었다(Fig. 2-A, Fig. 3).

### 4. 발생 19기

발생 19기에는 족지방사가 뚜렷하였으며, 족지간절흔 (interdigital notch)은 관찰되지 않았다. 조직 관찰에서 슬관절과 관계되는 하지골은 연골화가 상당히 진행되었으며, 관절 주위의 조직도 분화가 시작되었다.

대퇴골과 경골의 체부는 연골화 과정이 활발하였다. 대퇴골과 경골과는 아직 치밀한 중간엽의 상태이었으나, 전체적으로 성인에서와 유사한 모양을

나타내었다. 대퇴골과 경골과 사이의 슬관절 부위에서 균질성의 중간대가 뚜렷하게 관찰되었으며, 두께가 10세포층 정도이었다(Fig. 4).

뚜렷해진 슬개건은 슬관절의 중간대 전측을 지나 원위측으로 연골화가 진행중인 경골의 근위부 전방으로 이어졌으며, 대퇴골 하단 전방의 넓어진 부분에서 슬개골의 원기가 세포 축합으로 관찰되었다 (Fig. 4). 슬개건의 양 옆에서 슬개골지대가 얇은 판으로 관찰되었다. 슬관절의 후외측부에서 비골측부인대가 대퇴골의 외측부와 비골의 근위부를 잇는 경계가 불분명한 세포띠로 관찰되었다. 비골측부인대 전측에서 슬와근건을 암시하는 등근 모양의 세포 축합이 관찰되었다(Fig. 2-B, Fig. 5).

### 5. 발생 20기

발생 20기에는 족지간절흔이 발달해 빨가락이 구분되기 시작하였고 무릎이 분명해졌다. 조직 관찰에서 슬관절과 관계되는 하지골은 골간부의 연골세포가 비대되었으며, 관절 주위의 부분도 연골화가 진행되었다. 중간대와 슬개건 사이의 삼각 모양의 부위 및 중간대 후방의 부위는 세포 배열이 상당히 느슨하게 관찰되었다. 슬개건과 슬개골은 이전 발생기에 비해 더욱 뚜렷해졌다.

이 시기에 후십자인대가 대퇴골의 과간절흔 내측부의 전측에서 경골의 후면쪽으로 비스듬히 주행하는 분명한 세포띠로 관찰되었으며, 세포가 인대의 축을 따라 평행하게 배열되어 있어 쉽게 구별할 수 있었다(Fig. 6-A). 대퇴골의 과간절흔 외측부의 후측에서 전십자인대의 부착부를 암시하는 세포 축합이 구분되었으나, 전체 인대는 확인할 수 없었다 (Fig. 6-B). 비골측부인대는 이전 발생기에 비해 뚜렷한 세포띠로 관찰되었다. 경골측부인대는 슬관절 내측 부분에서 대퇴골 내측부와 경골 내측부 사이를 연결하는 세포띠로 관찰되었다(Fig. 7). 슬와근건은 대퇴골에서 경골로 뻗는 분명한 구조로 관찰되었다(Fig. 2-C).

### 6. 발생 21기

발생 21기에는 족지간절흔이 깊어져 빨가락이 뚜렷해졌고, 양쪽 빨가락이 정중면과 평행하였다. 조직 관찰에서 슬관절과 관계되는 하지골은 연골화가 상당히 진행되어 전체적인 모양이 성인에서와 유사

**Fig. 1.** Femur(Fe) and tibia(Ti) begin to chondrify. Stage 17(A:early, B:late). H.-E. X 40.

**Fig. 2.** Three-dimensional reconstructions. A:stage 18, B:stage 19, C:stage 20, D:stage 21, E:stage 22, F:stage 23. White; femur, tibia, Yellow; fibula, both menisci, joint cavity, Red; patella, posterior cruciate ligament, Azure; Anterior cruciate ligament, Green; both collateral ligaments, Blue; popliteus, Purple; quadriceps femoris, patellar tendon.

**Fig. 3.** The knee joint is represented by a mass of blastemal cells between the chondrifying femur(Fe) and tibia(Ti). The patella tendon(PT) is identifiable. Stage 18. H.-E. X 100.

하였다. 대퇴골과 경골 사이의 중간대는 두 뼈에 인접한 치밀한 부분과, 사이의 덜 치밀한 부분으로 이루어져 전형적인 세 층을 나타내었다. 중간대 앞·뒤의 세포 배열이 느슨한 부위는 위·아래로 확장되었다. 이전 발생기에서와 같이 후십자인대는 분명하게 관찰되었으나, 전십자인대는 전체 부분을 확인할 수 없었다. 중간대의 주변부에서 단면상 삼각형의 세포축합으로 외측 반월상연골이 처음으로 구별되었다(Fig. 2-D, Fig. 8).

#### 7. 발생 22기

발생 22기에는 발가락이 더욱 뚜렷해졌다. 조직 관찰에서 중간대의 주변부에서는 양쪽 연골형성층이 서로 근접해 있었으며, 중앙부에서는 여러 구조들의 분화가 활발히 진행되었다. 발생 22기에 슬개골이 슬개건 상후방에서 뚜렷한 구조로 관찰되었으며, 슬

**Fig. 4.** The blastema intervening between the femur(Fe) and the tibia(Ti) is becoming recognizable as a homogenous interzone(IZ). The patella(Pa) is identified as a cellular condensation. Stage 19. QF; quadriceps femoris, PT; patellar tendon. H.-E. X 40.

개골 하방의 건도 뚜렷하게 두터워졌다. 전·후십자인대는 이전 발생기와 유사하였으나, 슬개골 후하방에 위치한 세포 배열이 느슨한 부위가 대퇴골과 경골 사이로 확장되면서 인대의 경계가 부분적으로 확실해졌다. 이 시기에 내측 및 외측 반월상연골이 치밀한 세포집단으로 뚜렷하게 구별되었다. 내측 반월상연골은 후십자인대가 경골에 부착하는 곳 전하방에서, 외측 반월상연골은 전십자인대가 대퇴골에 부착하는 곳 하방에서 관찰되었다(Fig. 2-E, Fig. 9-A, B).

#### 8. 발생 23기

발생 23기에는 발가락 끝에 패드(pad)가 발달해 외형상 거의 성인에서와 같은 모양을 나타내었다. 조직 관찰에서 많은 구조들의 분화가 뚜렷하였다.

슬관절을 이루는 뼈에서 초기 골화 과정이 진행되었고, 슬개골에서 연골화가 시작되었다. 대퇴골과 경골은 뚜렷한 연골막으로 둘러싸였고, 관절의 연골형

성층과 연속되었다.

이 시기에 관절의 주변부에서 관절강이 형성되기 시작하였다. 관절강이 형성되는 곳의 세포는 일정 방향으로 배열되었으며, 관절강은 이 방향과 평행하게 방추형의 틈을 형성하였다. 초기의 관절강은 슬개골 상부 및 중간부와 대퇴골 사이, 반월상연골과 대퇴골 사이에서 관찰되었으며, 이것들은 서로 연락되어 있지 않았다. 슬개건 후방의 조직에서 혈관이 관찰되었다(Fig. 2-F, Fig. 10-A, B).

전십자인대는 전체가 잘 구별되는 방향성을 가진 세포띠로 관찰되었으며, 주위 조직이 느슨해지면서 두 십자인대가 분명하게 관찰되었다(Fig. 11-A). 이 시기에 두 인대에는 아교질 섬유가 관찰되지 않았다. 반월상연골은 이전 발생기 보다 분명한 세포 축합으로 관찰되었고, 단면상 삼각 모양을 나타내었다. 경골축부인대는 불분명하지만 표층부와 심층부로 구분되었다(Fig. 11-B).

## 고 찰

Fig. 5. Popliteus(Pop) and fibular collateral ligament (FCL)(arrows) are becoming recognizable as cellular condensations. Stage 19. Fe; femur, Ti; tibia, Fi; fibula, IZ; interzone. Trichrome X 100.

정상 사지의 발생은 신경 분포와 운동과 같은 여러 요인에 의존하게 된다. 병아리에서 움직이는 관절의 정상적인 발생과 유지, 분화는 활동적인 근육(active musculature)에 의존한다<sup>14)</sup>. 인체 사지의 운동은 약 20-23mm 좌고(crown-rump length)의 배자에서 관찰된다<sup>22)</sup>.

본 연구에서의 결과들은 일반적으로 이전의 연구 결과를 확인하는 정도이나, 카네기 발생기를 이용하

Fig. 6. The cruciate ligaments are present as cellular, oriented proliferations. A: Anterior cruciate ligament(ACL) is identified at femoral attachment site. B:Posterior cruciate ligament(PCL) is recognizable along the whole course. Stage 20. Fe; femur, Ti; tibia. H.-E. X 100.

**Fig. 7.** Lateral meniscus(LM) is identifiable as a triangular-shaped cellular condensation at periphery of the three-layered interzone. Stage 21. Fe; femur, Ti; tibia. H.-E. X 100.

**Fig. 8.** A.B: The knee joint resembles that of the adult. Both menisci(MM, LM) are identifiable. Stage 22. Fe; femur, Ti; tibia. ACL; anterior cruciate ligament, PCL; posterior cruciate ligament. H.-E. X 100.

였고, 이전에 적용하지 않은 삼차원 재구성의 방법을 이용하여 각 구조들의 분화 과정을 더욱 정확하게 관

**Fig. 9.** A,B: Early joint cavities(\*) are noted. Stage 23. Fe; femur, Ti; tibia. QF; Quadriceps femoris. H.-E. X 100.

찰하였다고 할 수 있다. 세포 원기 (cellular blastema)로 부터 성인의 것과 유사한 형태와 배열을 지닌 슬관절로의 분화는 비교적 짧은 날수만에 이루

**Fig. 10.** The knee joint clearly resembles the adult in form and arrangement. Both cruciate ligaments(ACL, PCL) and tibial collateral ligament(TCL)(Arrows) are clearly identifiable. Stage 23. Fe; femur, Ti; tibia. MM; medial meniscus. A: H.-E. B: Trichrome X 100.

기(약 57일)까지의 약 17일만에 슬관절의 형태가 형성되어진다. 인간 사지의 발생에서 중요한 시기는 약 5-8주로 알려져 있다<sup>4</sup>. 이 시기는 지아(limb buds)가 출현하기 직전부터 분화가 이루어질 때까지의 시기로 phocomelia의 예에서 보듯이 임상적인 증거가 이 개념을 확인시켜 주고 있다. 슬관절 발생의 중요한 시기는 대개 하지아(lower limb bud)의 것과 일치하나 기간이 다소 짧다고 할 수 있다.

인간 배자의 하지아 원형질(blastema)은 초기에는 관절 구역의 구분없이 연속된 구조(continuous structure)로 형성된다. 그러나 간엽조직이 연골화되면서 동시에 후에 슬관절이 형성될 부위에 변화가 생기면서 중간대를 형성한다. 이 구조는 처음에는 균질성이나 분화가 진행되면서 두 개의 평행한 연골화총과 가운데 치밀도가 떨어지는 중간총의 세 층으로 구성되어진다. 관절내의 구조, 즉, 반월상 연골과 전, 후십자인대는 이 중간총내에서 더욱 치밀해지면서 분화하게 된다. 배자기의 끝인 8주말에는 반월상 연골 및 십자인대는 성인의 것과 유사한 형태 및 배열을 하게된다. 그러나 이 시기의 반월상 연골은 매우 세포성이며, 세포질에 비하여 핵이 큰 것이 특징적이다<sup>4,11,13</sup>. 저자 등의 경우 반월상연골은 발생 21기에 외측이, 발생 22기에 내측이 단면상 특징적인 삼각형의 세포 축합으로 관찰되었으며, 발생 23기에 뚜렷하게 구별되었다. 십자인대의 경우 발생 20기에 구별되기 시작하였으며, 후십자인대는 발생 20기에 이미 전체 길이를 확인할 수 있었으며, 전십자인대

**Fig. 11-A, B.** The menisci( MM, LM ) are clearly defined, and very cellular. Stage 23.

Fe; femur, Ti; tibia. Fi; fibula, Pop; popliteus, FCL; fibular collateral ligament. H. - E. X 100.

어진다. 즉, 카네기 발생기의 17기(약 41일)부터 23

의 경우는 발생 23기에 비로소 전장을 확인할 수 있었다.

관절강이 분명해지는 것은 10주라 하였으며, 이때에는 주로 대퇴골-슬개골 사이 및 대퇴골과 반월상 연골 사이에서 뚜렷해지기 시작하고 십자인대 주위에는 공간이 없다고 하였다. 12주 이후에 관절의 후방으로 공간이 뚜렷해진다고 하였다<sup>9</sup>. 10과 1/2주경부터 슬관절은 활막으로 싸인 하나의 공간을 이루며 슬개골-대퇴골 사이의 내측부 및 슬개골하의 공간에는 원형 질 조직이 잔존하면서 결국 활막 추벽이 된다하였다<sup>12</sup>. 저자들의 실험에서는 실험대상이 8주까지의 배자를 이용하였으므로 관절강 및 활막 추벽의 형성에 대해서는 정확히 언급할 수 없으나, 발생 23기(8주말)에 대퇴사두근과 대퇴골사이와 대퇴골과 반월상연골 사이에서 방추형의 틈으로 관절강의 원기를 관찰하였다.

원판형 연골의 형성에 대하여는 여러 가설이 있다. Smillie는 선천적 발육 이상으로 태아 시에는 원판형으로 있던 연골판이 발생 도중 어느 단계에서 정지되어 중심부가 흡수되지 못하여 발생한다고 하였으며<sup>19</sup>. Ross는 관절 형성시 정상적으로 없어져야 할 간엽조직에 섬유 연골이 축적됨으로 발생한다고 하였다<sup>17</sup>. 반면 Kaplan은 정상 발육 과정의 정지로 발생하는 것이 아니고 출생 시 원판형 연골은 정상 소견이며 운동에 의하여 시간의 경과에 따라 변한다고 하였고<sup>8</sup>. Clark과 Ogden<sup>3</sup>은 109례의 태아에서 반월상 연골을 확인하여 Smillie의 가설을 부인하였다. 대부분의 저자들은 원판형 연골을 선천성 기형으로 생각하고 있다<sup>21</sup>. 원판형 연골 이외에도 반월상 연골의 기형적인 소견으로 내측 반월상 연골 전방부의 부분 부전<sup>7</sup>, 후방부의 대퇴골과로의 비정상적인 부착<sup>10</sup>, 전방부가 전십자인대로 진행하는 이상 소견<sup>7,9,18</sup> 등이 보고되어 있다. 또한 외측 반월상 연골은 두충으로 된 기형<sup>20</sup>이 보고된 바 있다. 십자인대의 기형으로는 전십자인대의 완전 부전이 보고되었으며, 이 때에는 방사선 사진상 경골극이 없거나 매우 작다고 하였다<sup>10</sup>. 본 연구에서는 Smillie가 주장한 것과 같은 원판형의 연골판은 배자기의 어느 발생기에서도 관찰하지 못하였다. 따라서 원판형반월상연골은 더 많은 수의 배자와, 태아에서도 연구가 필요할 것으로 사료되며, 관절강과 활막 추벽의 생성에 관해서도 더 많은 발생학적인 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

## 요 약

성인 슬관절의 형태를 이해하는 이론적 배경을 제공하고, 나아가 실제 임상 분야에서 슬관절 병변의 진단 및 치료에 도움이 되는 자료를 제공하고자 한국인 배자 23예에서 슬관절의 발생을 연구하여 얻은 결과를 통하여 슬관절을 이루는 구조들은 발생 19기에 출현하여 발생 8주말까지 빠르게 발생이 진행되어 성인과 유사한 배열을 함을 알 수 있었다. 이 기간은 태아에서 운동이 아직 활발히 일어나지 않는 시기이기에 슬관절의 발생에는 기기적 요인 보다 유전적 요인이 중요다고 할 수 있으며, 다른 구조에서와 마찬가지로 슬관절도 배자기 및 태아기 초기에 활발한 발생이 일어나기에 이 시기에 태아에 가해질 수 있는 기형유발요인이 슬관절의 발생에 중대한 영향을 미칠 수 있다. 또한 원판형 연골이나 활막 추벽의 생성에 관해서는 태아에서의 연구를 포함하여 더욱 발생학적인 연구가 필요하리라 사료된다.

## REFERENCES

- 1) 박형우, 강윤선 : 사진촬영, 복사 및 컴퓨터를 이용한 삼차원재구성. 대한해부학회지, 24:54-60, 1991.
- 2) 정중원 : 한국인 태아 슬관절 발생에 관한 연구. 전남의대 잡지, 8:239-256, 1971.
- 3) Bernays A : Die Entwicklungsgeschichte des Kniegelenkes des Menschen, mit Bemerkungen über die Gelenke im Allgemeinen. *Morphol Jahrb*, 4:403-446, 1878.
- 4) Clark, C.R. and Ogdon, J.A. : Development of the menisci of the human knee joint. Morphological changes and their potential role in childhood meniscal injury. *J. Bone and Joint Surg.*, 65(A):538, 1983.
- 5) Gardner E and O'Rahilly R : The early development of the knee joint in staged human embryos. *J Anat*, 102:289-299, 1968.
- 6) Gray DJ and Gardner E : Prenatal development of the human knee and superior tibiofibular joints. *Am J Anat*, 86:235-288, 1950.
- 7) Hsish HH and Walker PS : Stabilizing mechanisms of the loaded and unloaded knee joint. *J Bone Joint Surg*, 58-A:87-93, 1976.
- 8) Johnson, L.L. : Arthroscopic surgery: Principles and Practice. St. Louis, C.V. Mosby:493, 1986.
- 9) Kaplan, E.B. : Discoid lateral meniscus of the knee

- joint. *J. Bone and Joint Surg.*, 39(A):77, 1957.
- 10) **Kim SJ, Kim DW and Min BH** : Discoid lateral meniscus associated with anomalous insertion of the medial meniscus. *Clin Orthop*, 315:234-237, 1995.
  - 11) **Nottage WM and Matsuura** : Management of complete traumatic anterior cruciate ligament tears in the skeletally immature patients: Current concepts and review of the literature. *Arthroscopy*, 10:569-573, 1994.
  - 12) **Ogata S and Uhthoff HK** : The development of synovial plicae in human knee joints: An embryological study. *Arthroscopy*, 6:315-321, 1990.
  - 13) **Ogden JA** : The development and growth of the musculoskeletal system. In *The Scientific Basis of Orthopaedics*, pp.41-104. Edited by Albright JA and Brand RA. *New York, Appleton-Century-Crofts*, 1979.
  - 14) **Ogden JA** : Chondro-osseous development and growth. In *Foundation and Clinical Bone Physiology*, pp.108-171. Edited by Urist MR. *Philadelphia, JB Lippincott*, 1980.
  - 15) **O'Rahilly R and Gardner E** : The timing and sequence of events in the development of the limbs in the human embryo. *Anat Embryol*, 148:1-23, 1975.
  - 16) **O'Rahilly R and Muller F** : Developmental stages in human embryos. Including a revision of Streeter's horizons and a survey of the Carnegie collection. *Carnegie institution of Washington, Washington DC*, 1987.
  - 17) **Riachi, E. and Pharles, A.**: An unusual deformity of the medial semilunar cartilage. *J. Bone and Joint Surg.*, 45(B):146, 1963.
  - 18) **Ross, J.A., Tough, I.C.K., and English, T.A.**: Congenital discoid cartilage. Report of a case of discoid medial cartilage with an embryological note. *J. Bone and Joint Surg.*, 40(B):262, 1958.
  - 19) **Santi, M.D. and Richardson, A.B.**: Bilaterally painful anomalous insertion of the medial meniscus in a volleyball player with Marfanoid features. *Arthroscopy*, 9(2):217, 1993.
  - 20) **Smillie, I.S.**: The congenital discoid meniscus. *J. Bone and Joint Surg.*, 30(B):671, 1948.
  - 21) **Suzuki S, Mita F and Ogishima H** : Double-layered lateral meniscus:A newly found anomaly. *Arthroscopy*, 7:267-271, 1991.
  - 22) **Weiner, B. and Rosenberg, N.**: Discoid medial meniscus:Association with bone changes in the tibia. *J. Bone and Joint Surg.*, 56(A):171, 1974.
  - 23) **Windle WF and Fitzgerald JE** : Development of the spinal reflex mechanism in human embryos. *J Comp Neurol*, 67:493-509, 1937.