

History of Total Knee Replacement

Ick-Hwan Yang, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

Hinge arthroplasty was first introduced over 100 years ago, and it has been refined over the years through a succession of increasingly complex designs that have led to the present rotating hinge prosthesis. Though no official date marks the origin of the condylar knee, the modern condylar and unicompartamental total knee replacements were developed between 1969 and 1980. Compared with the hinge prosthesis, condylar knee replacement requires less bone resection. Utilizing instrumentation to achieve soft-tissue balance for fixing a varus/valgus deformity, the operation is easily reproducible, which in turn, results in a successful outcome. In the late 1970s and early 1980s, metal backing of the tibial inserts to improve fixation, modularity to improve ease of use and noncemented fixation to increase durability were introduced. In the late 1980s, for revision surgery, stem fixation with and without cement, and metal wedges were created to address bone loss and soft tissue instability. In the current age of technological advances, reproducing the knee kinematics for minimizing wear and increasing the range of motion, together with proper alignment and stability, have become the major goals of total joint replacement, and this is very doable with the use of modern sophisticated instruments and navigation-guided surgery.

Key Words: History, Knee replacement

경첩 모델

1860년에 Theophilus Gluck은 상아로 만들어진 관절을 석고와 송진으로 고정하는 방법으로 인공 슬관절을 시행했다. 열악한 제조 기술과, 부적절한 고정, 감염 등 여러 이유로 초기의 경첩 치환술은 많은 실패가 있었다. 1951년에 아크릴로 만들어진 Walldius 경첩이 최초로 소개되었으며³⁴⁾, 1958년 Co-Cr으로 업그레이드되어 1970년대 초기까지 사용되었다³⁶⁾. 초기 경첩 모델은 슬관절 내, 외 회전이 없었으며, 이 외에도 부적절한 사이즈, 슬개-대퇴

관절 치환 부재, 견고하지 못한 스템 고정 등의 여러 설계 및 기술 상의 문제로 실패율이 높았다. 모듈성을 갖는 근대의 회전 경첩 보형물에는 독일의 Endo-Klinik의 Bucholz가 설계 및 개발한 Endo 모델⁸⁾(Waldemar-Link, Hamburg, Germany)²⁰⁾, 독일의 Blauth hinge²⁾, Rotating SROM hinge (J&J, Warsaw, IN, USA)¹⁶⁾, Finn이 설계한 Finn Knee (Biomet, Warsaw, IN, USA)¹⁹⁾, Walker가 디자인한 Kinematic Rotating Hinge (Howmedica, Allentown, NJ, USA)³³⁾ 등이 있다.

최근 보고된 경첩 치환술의 20년 생존율은 94%이며²⁾, 유럽에서는 퇴행성 관절염 또는 류마티스 관절염의 1차 시술로 여전히 많이 시행되고 있다. 하지만 골절, 아탈구 및 탈구 등의 슬개-대퇴 관절 합병증, 높은 감염률, 이식물 파손, 조기 마모, 고정 소실 등의 단점이 있으며, 상당한 골소실로 경첩 보형물의 보존에 어려움이 있을 수 있다. 미국에서는 회전 경첩은 중앙 절제나¹⁹⁾ 재수술과 같이²⁰⁾ 슬관절 주위의 안정성이 결여된 경우에 제한적으로 사용되어 왔으며, 부분 또는 전체 대퇴골을 치환하는 경우 등

Received: January 18, 2010

Revised: (1st) February 3, 2010, (2nd) May 4, 2010

Accepted: May 6, 2010

Corresponding author: Ick-Hwan Yang, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Yonsei University College of Medicine, 146-92, Dogok-dong, Gangnam-gu, Seoul 135-720, Korea
TEL: 82-2-2019-3416, FAX: 82-2-573-5393

E-mail: ihyang@yuhs.ac

에서 사용되었다. 재치환술에서 경첩 치환물은 골결여 시 또는 내외측 연부 조직의 안전성이 충분하지 않아 재건이 불가능한 경우 마지막으로 선택을 하는 경향이 있다. 골간 단 슬리브(metaphyseal sleeve) 및 플루트(flute)와 스플릿 스템(split-stem)을 이용한 비시멘트성 고정 of SROM hinge는 스템의 시멘트 고정과 비교해, 감염 발생률 감소 뿐 아니라, 더 강한 고정을 제공한다. 유럽에서 1차적인 슬관절 전치환술의 이식물로 가장 흔하게 사용되는 Link rotating hinge prosthesis는 시멘트 이용한 스템을 고정력을 얻는다.

슬관절 부분 치환술 (The Unicompartmental Knee)

슬관절 부분 치환술은 1952년 McKeever²³⁾, 1954년 대퇴와 경골 사이에 metal 디스크를 삽입한 MacIntosh와 Hunter²¹⁾, 1970년 Engelbrecht와 Zippel⁹⁾, 1973년 Ranawat와 Sculco²⁵⁾, 1973년 Marmor²²⁾, 1978년 Buechel과 Pappas³⁾, 1976년 Goodfellow와 O'Connor¹²⁾, 1981년 Scott와 Santore²⁹⁾, 1995년 Romanowsky와 Repicci²⁸⁾ 등을 거치며 발전해 왔다. 1972년, 독일 함부르크 Endo-Klinik에서는 다중심(polycentric), 두 개의 짧은 스템 있는 시멘트 고정의 대퇴 삽입물, 그리고 대퇴와 경골 접촉면의 제한 없이 두꺼운 all poly component로 관절면을 이루는 Sledge Prosthesis (Endo, Link, Hamburg, Germany)가 설계되었다⁸⁾. Endo-Klinik에서는 아직도 이 모델을 조기 퇴행성 관절염 환자의 일부에서 선별적으로 사용하고 있으며, 스웨덴에서는 10년 추시 상 90%의 생존율을 보고하였다²⁷⁾. 1973년, 미국의 Marmor는 모듈형 슬관절 부분 치환물의 디자인과 함께 수술 기법, 적응증 및 금기증 등을 제안하기도 하였다²²⁾.

Scott와 Santore²⁹⁾는 비만이 없고 중등도의 활동성을 가지는 70세 이상의 환자가 굴곡 구축 없이 내측 구획에 국한된 관절염을 보일 때 슬관절 부분 치환술의 좋은 적응증이 된다고 제시하였으나, 최근 Romanowski 와 Repicci²⁸⁾는 보다 젊은 환자, 외측 구획의 관절염까지 부분 슬관절 치환술의 적응증을 넓혔다. 최근 Murray²⁴⁾는 조기의 한 구획 질환, 십자인대 기능이 이상이 없는 환자 등 올바른 적응증에 해당하는 환자를 시술한 경우, meniscal bearing 슬관절 부분 치환술의 20년 생존율이 90% 이상이라고 보

고하였다.

더욱이 최소 절개(mini-incision)를 통한 슬관절 부분 치환술은, 적은 침습성을 환자에게 호소하여 시장성을 넓혀가고 있으나, 이 시술의 실제적인 이득은 슬개골을 탈구 시키지 않고 대퇴사두근을 보존하여 회복이 빠르고, 두 십자인대의 기능 보존하여 기능적으로 우수함에 있음을 기억해야 할 것이다. 하지만, 젊은 환자로 적응증을 확장함으로써, 슬관절 부분 치환술의 실패는 더 많아지는 추세이며, 더 젊고 활동이 많은 사람들에서 슬관절 부분 치환술의 적응증을 명확히 정의하기 위한 장기 추시가 필요한 상태이다. 스웨덴의 보고에 따르면²⁷⁾, Sledge system을 제외한 슬관절 부분 치환술은, 약 7년 추시에서 10%에서 실패율을 보였다. 앞으로, 더 좋은 폴리에틸렌, 더 진보한 기술, 디자인 및 소재의 발달로 슬관절 부분 치환술의 수명도 더 개선될 것으로 기대되고 있지만, 이식부의 내구성이 더 개선되고, 적응증이 더 정확하게 정의되며, 네비게이션 수술과 같은 기구의 개선 혹은 혁신이 있을 때까지는 지속적인 추시와 이에 따른 신중한 선택이 필요할 것으로 생각된다.

Condylar Knee

Condylar knee 디자인은 1971년, 이를 설계하고 임상에서 처음 적용한 Gunston에 의해 많은 발전이 있었다¹³⁾. 최초의 다중심(polycentric) 치환물은 1968년에 시행되었고, Freeman Swanson knee cylinder-in-trough가 1970년에 개발되었으며, 1971년에 Freeman과 Swanson은 치환물 설계에 있어서 roller-and-trough 개념을 도입하였다¹⁰⁾. Townley는 1974년 anatomic knee를 개발하였으며³²⁾, Walker와 Ranawat은 1971년 duocondylar knee를 개발하였다. 시멘트 또는 비시멘트 고정으로, 대퇴골 및 경골의 모든 면을 교체하는 진정한 condylar knee의 개발은 1968년 영국 Seedhom 등³¹⁾, 1970년 일본의 Yamamoto³⁷⁾, 1971년 미국의 Townley와 Hill³²⁾, 1971년 Ranawat와 Shine²⁶⁾, 1974년 Ranawat와 Sculco²⁵⁾, 1978년 Insall 등¹⁵⁾, 1978년 Cloutier⁴⁾, 1982년 Hungerford와 Kenna¹⁴⁾, 1984년 Scott와 Thornhill³⁰⁾ 등과 같은 여러 정형외과의들과 디자인 엔지니어들의 노력에 의해 이루어 졌다.

1. 근대적인 슬관절 전치환술의 개발

캐나다의 Gunston¹³⁾은 1968년 최초의 다중심 슬관절

(polycentric knee)을 설계하여, 1971년에 이를 보고하였으며, Mayo 클리닉의 Jones, Bryan, Peterson 등이 이에 대한 임상 경험을 보고하였다¹⁸⁾. 그러나, 이 디자인은 모든 condyle을 대체하지 않았고, 접촉부위가 작다는 두 가지의 큰 단점을 가지고 있었으며, 스테인레스를 이용하여 대퇴골과의 체중 부하 부위만을 대체한 형태로 진정한 condylar knee라고 보기는 어려웠다. 좁은 다중심 금속 이식부는 대퇴골 돌출부위의 체중 부하 부위를 경골에 대한 플라스틱 러너(runner)로 대체함으로써 최소한의 회전만을 허용하였으며, 두 십자인대는 모두 보존되고, 시멘트로 고정을 하였다. 회전 제한과 좁은 접촉면은 경골 치환물의 해리와 이에 따른 실패를 초래했다. 더욱이, 최초의 다중심 슬관절은 슬개-대퇴 관절의 대체가 없었다.

미국과 전세계에 걸쳐, 더 완벽한 condylar knee을 만들기 위한 노력이 경주되었는데, 1970년과 1973년 사이에, 3개의 치환물이 개별적으로 개발되었다. 뉴욕에서는, Walker, Ranawat, Insall 등이 Duocondylar 치환물을 개발하였고, 동시에, Coventry와 Turner은 Averill 등의 엔지니어 팀과 개발한 Geometric prosthesis를 소개하였으며, 미시간 Port Huron의 Townley는 Anatomic knee를 개발하였다. 이렇게 나타난 혁신적인 세가지 모델은 모두 십자인대의 보존을 강조함으로써 슬관절의 안전성을 보장했으며, 고정을 위해 polymethylmethacrylate 시멘트를 사용했다. Duocondylar 및 Townley 디자인은 비교적 높은 회전성을 가진 반면, Howmedica의 Geometric knee는 회전 제한으로 장기 추사에서 실패율이 높았고, 이로 인해 이후 사용이 중단되었다. 1972년 DePuy (Warsaw, IN, USA) 사에 의해 제조된 Townley의 Anatomic knee는 기하학적으로 활차면(Trochlear surface)을 대체하였으며, 추후 슬개골 치환이 추가되었다. Townley는 경골 및 대퇴골의 최소 절제와 두 십자인대의 보존을 권장하였으나, 경골 부위가 얇고, 고정 못이 없었기 때문에, 장기 추사에서 고정의 실패가 발생하였으며, Depuy 사는 점차 Townley knee의 생산을 중단했다.

1971년, 런던 병원의 Freeman 등은 ICLH knee를 사용하기 시작하여 1973년에 보고하였다¹⁰⁾. 이는 치환물과 연부 조직의 균형만으로 안정성을 갖고자 한 최초의 치환물로 두 십자인대가 모두 제거되었는데, 실제로 이렇게 십자인대를 제거함으로써, 비로소 슬관절의 주 변형을 교정할 수 있게 되었다¹¹⁾. Condyle의 기하학인 절제, Poly의 마모

를 최소화하기 위한 넓은 접촉면의 유지, 안전성을 위한 내외측 연부조직의 유지 등, ICLH 수술 기법의 일부는 오늘날까지도 중요하게 여겨지고 있다. 하지만, 혁신적인 기술들에도 불구하고, ICLH 치환물은 슬개-대퇴 관절 치환 부재, 짧은 경골 Peg, 내측-외측 전위를 막을 수 있는 구조의 부재 등의 몇 가지 단점이 있었다. Freeman 자신의 발명에 대한 확신과 설득력으로 ICLH knee가 널리 사용되었지만, 결국 슬개-대퇴 관절의 추가적 치환, 스템 고정, condylar geometry의 수정에도 불구하고 시장에서 계속 유통이 중단되게 되었다.

1971년 12월, Ranawat는 Hospital for Special Surgery에서 Insall의 보조 하에 최초로 Duocondylar Knee를 환자에게 시술함으로써 슬관절 전치환술의 역사가 이루어졌다²⁵⁾. 디자인 엔지니어인 Walker도 시술을 돕기 위하여 이 자리에 참석하였다. Ranawat의 1973년 Duocondylar knee에 대한 선구적인 연구는 추후 Hospital for Special Surgery Knee Rating System이 된 Knee Disability Score Rating System을 포함하였는데, 1989년까지, 슬관절 학회(The Knee Society)는 이 체계를 채택하였으며, 추후 Insall, Scott, Dorr 등 학회 내 특별 위원회에서 일반적인 사용을 위한 수정이 가해졌다. 1974년, Ranawat, Insall, 그리고 Walker는 최초의 total condylar knee를 소개했다. 1974년 3월, Ranawat는 경골 스템이 있는 최초의 total condylar 디자인을 시술하였으며, 이는 오늘날 슬관절 전치환물의 초기 형태이다. 그보다 1개월 앞서, Insall은 경골 스템이 없는 total condylar knee를 이식했는데, 사실이 디자인은 당시 이름이 없는 상태였고, Walker 등과 상의 끝에 탈의실에서 Ranawat가 ‘total condylar knee’라고 명명한 것이었다. Total condylar knee는 만곡의 다중 반지름과 trochlear groove 및 슬개의 치환, 대퇴-경골 하중 부하면이 관상 및 시상면 상 원형으로 부분 적합성(partial conformity)을 가졌으며, 내외측 안전성을 제공하기 위한 중앙 융기(central eminence)가 있었고, condylar geometry와 dish의 중앙에서 전후로 6~7 mm의 uphill motion을 통해 전후면(anteroposterior)과 내외면(mediolateral) 그리고 내외 회전에 있어서 유격과 안전성을 모두 얻었다. Walker와 Insall이 이어서 개발한 Total Condylar II는 제조 상의 문제가 있었으며, 1976년까지, Walker, Insall, Ranawat는 외반 변형 혹은 굴곡 구축이 있는 대부분의 류마티스 환자에서 Total Condylar III를 사용했으며, 이

는 이후의 모든 제한형(constrained) condylar knee 치환물의 전신이 되었다²⁵⁾. 1978년, Insall과 Burstein은 stabi-condylar knee와 total condylar knee의 파생물이며 경골이 metal backing이 된 posterior stabilized knee를 설계했으며 이는 condylar knee 디자인 중 가장 성공적인 것의 하나로 평가받는다¹⁾.

2. 보스톤의 슬관절 전치환술

1974년, Ranawat와 Walker는 보스톤의 메사추세츠 종합병원(MGH)에 있는 Harris, Thomas, Jones, Sledge, Scott 등에게 duopatella와 total condylar knee를 소개했다. Marmor와 McKeever 등의 슬관절 부분 치환술에 대한 초기 경험 때문에, 이들은 후방 십자인대를 보존하는 개념을 선호하였다. 치환된 duocondylar의 내외측 불안정성 때문에, 이들은 경골을 스템을 이용해 고정하는 one-piece duopatella 치환물을 선호했다.

2년 후, Walker는 Howmedica사로 이동하여 Robert Brigham Hospital의 동료들과 함께 Kinematic Stabilizer와 Rotating Hinge로 구성된 Kinematic Knee System을 설계했다. 1981년, Walker는 Brigham and Women's Hospital에 합류해, Sledge, Ewald, Thomas, Poss, Scott, Thornhill과 함께 Kinemax라는 완전히 새로운 시스템을 만들었는데, 1985년, Scott과 Thornhill은 Kinemax 팀에서 나와 J&J와 함께 십자인대를 보존하는 PFC modular knee를 만들었고, 1989년에 Ranawat는 PS 디자인의 PFC modular knee로 이 시스템을 완성하였으며, 이후 PFC TC-III가 추가되었다.

1) Geometric knee

Robert Averill은 Coventry 및 Riley, Finerman, Upshaw, Turner 등과 함께 Howmedica (Allentown, New Jersey)에서 Geometric knee를 만들었다^{5,6)}. 이들은 대퇴골과 경골 부위를 기하학적으로 만듬으로써 폴리에틸렌의 스트레스를 감소시킬 수 있을 것이라고 믿었으며, 십자인대를 보존하는 것이 이 치환물의 가장 큰 특징이었다. 대퇴 condylar component는 좁은 메탈바와 결합되었으며, 슬개-대퇴 관절 치환은 없었고, 폴리에틸렌 경골 부위는 intercondylar 부위를 보존하여 두 십자인대를 모두 유지하도록 하였다. Howmedica의 소유로 공급된 최초의 Geometric knee는 1971년에 시술되었으며, Simplex 시멘

트를 이용하였고, 경골 부위 표면 아래에 고정을 향상시키기 위한 세 개의 작은 Peg가 있었다. Geometric knee 설계의 개선을 위한 변형이 Geotibial, Geopatellar, Anatomic knee를 이끌었으나, 고정의 실패가 증가했기 때문에, 이 디자인들은 1970년대 후반에 사용이 중단되었다.

1970년부터 1975년 사이에, Yamamoto, Seedham, Townley, Waugh, Ewald 등은 1952년에 설계된 MGH femoral component¹⁷⁾와 유사한 Anatomic femoral component의 설계에 적극적으로 참여하였는데, 초기의 Anatomic femoral component는 일본의 Kodama와 Yamamoto³⁷⁾, Leeds의 Seedham 등³¹⁾, UCI의 Waugh 등³⁵⁾, 미시간의 Townley 등에 의해 독립적으로 설계되었다³²⁾. 1970년까지, Kodama와 Yamamoto는 Temple 대학의 Sbarbaro에 의해 소개된 개념인, 경골 및 대퇴부의 press-fit 슬관절 전치환술을 시술하였으며³⁷⁾, 1968년 Leeds에서는, Seedham이 슬개-대퇴 관절 치환을 가능하게 하는 chromium cobalt Anatomic femoral component를 디자인하였는데³¹⁾, 좌, 우측 치환을 포함한 이 디자인 개념은 추후 Montreal, St. Luke 병원의 Cloutier에 의해서도 적용이 되었다⁴⁾. 위와 같은 Kodama, Seedham, Waugh, Cloutier 등의 디자인들은 두 십자인대를 보존하기 위한 과간 공간(intercondylar space)이 있는 얇은 경골 치환물의 형태로, 시멘트로 고정을 하였고, 전방으로 좁은 폴리에틸렌 브릿지와 연결되어 있었으며, 전후방 이동 및 회전이 어느 정도 가능하였지만, 경골 부위의 약한 고정으로 인해 실패율이 높았고 또한 내외측 불안정성으로 점차 사용이 중단되었다. 1972년, Waugh는 Richard-manufactured UCI knee를 처음 시술하였고³⁵⁾, 그 해 영국에서는, Longton이 Leeds knee를 처음 시술하였으며, 한편 일본에서는 Kodama가 Kodama-Yamamoto knee를 시술하였다.

New York Hospital에서, Efethekar와 Gand는 양측 치환물 모두 모듈성을 갖는 시멘트 고정의 슬관절 치환물을 디자인하고 시술하였다⁷⁾. Efethekar는 또한 Howmedica에서 제작된 Mark II condylar 디자인을 체계화하였는데, 이 디자인은 스템을 가진 Chromium Cobalt 대퇴 치환물과 6, 10, 16 mm 두께의 poly insert로 구성되어 있었다. Efethekar는 메탈 backing 특히 poly 모듈성의 중요성을 최초로 인식했다. 1974년, 뉴욕 Syracuse의 Murray와 Shaw는 스템과 회전기능을 가진 모듈형 경골 치환물을

가진 variable axis knee를 소개하였으며, 1975년 몬트리올의 Cloutier는 경골의 골 소실을 보강하는 경골 하면의 metal augmentation 방식을 도입했다⁴⁾.

1978년 Johns Hopkins에서는 Hungerford, Krakow, Kenna 등이 Condylar cementless total knee를 설계하였다¹⁴⁾. 이 시스템은 Howmedica의 PCA knee system과 도입된 Universal Instruments의 개념에 크게 기여를 하였는데, 굴곡과 신전 gap 모두에서 measured bone resection 가능하였고, porous-headed 코팅을 이용한 무시멘트 고정 을 특징으로 하였다. 1980년대와 1990년대까지, 대부분의 Condylar 디자인들은 Universal instrumentation을 사용하였는데, 지속적인 디자인의 개선으로 더 나은 고정, 마모의 감소, 운동 역학의 개선, 관절 운동 범위의 증가 등을 가능하게 하였다.

2) Meniscal bearing knee

뉴저지의 Pappas와 Buechel은 Meniscal mobile bearing knee와 Rotating platform knee를 제안하였으며³⁾, 1975년에 경골, 대퇴골 및 슬개-대퇴 관절을 대체하는 Low-contact-stress (LCS) knee를 디자인했다. LCS mobile bearing knee에 앞서, Goodfellow와 O'Connor는 두 십자인대를 모두 보존하는 Mobile bearing 부분 슬관절 치환물을 설계하였는데¹²⁾, total congruity를 가지며 움직임이 자유로운 이 디자인은 poly 스트레스 감소를 특징으로 하였으며, 2000년에 Murray 등²⁴⁾은 뛰어난 장기 추시 결과를 발표하였다.

결 론

현재 미국의 20여 개의 회사들과 그 외 전 세계적으로 십자인대 보존, 십자인대 대체 등 여러 종류의 슬관절 전 치환물을 제공하고 있으며, 이 중 몇몇 주요 회사들은 Mobile bearing knee의 설계에 적극적으로 참여하고 있다. 수술 기술의 발전, 고정의 개선, 마모의 감소, 폴리에틸렌 개선, 운동 역학의 발전, 그리고 관절 운동 범위의 증가 등을 통해 Condylar 디자인은 앞으로 더 큰 진보를 이루게 될 것으로 보이며, 여기에 더불어 슬관절 부분 치환술도 네비게이션 유도 수술 및 최소 절개를 통하여 더욱 발전할 것으로 기대되고 있다.

REFERENCES

1. Bartel DL, Burstein AH, Santavicca EA, Insall JN: Performance of the tibial component in total knee replacement. *J Bone Joint Surg Am*, 64; 1026-1033: 1982.
2. Bohm P, Holy T: Is there a future for hinged prostheses in primary total knee arthroplasty? A 20-year survivorship analysis of the blauth prosthesis. *J Bone Joint Surg Br*, 80; 302-309: 1998.
3. Buechel FF, Pappas MJ: New jersey low contact stress knee replacement system. Ten-year evaluation of meniscal bearings. *Orthop Clin North Am*, 20; 147-177: 1989.
4. Cloutier JM: Results of total knee arthroplasty with a non-constrained prosthesis. *J Bone Joint Surg Am*, 65; 906-919: 1983.
5. Coventry MB, Finerman GA, Riley LH, Turner RH, Upshaw JE: A new geometric knee for total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*, 83; 157-162: 1972.
6. Deburge A, Aubriot JH, Genet JP: Current status of a hinge prosthesis (guepar). *Clin Orthop Relat Res*, (145); 91-93: 1979.
7. Eftekhari NS: Total knee-replacement arthroplasty. Results with the intramedullary adjustable total knee prosthesis. *J Bone Joint Surg Am*, 65; 293-309: 1983.
8. Engelbrecht E, Siegel A, Rottger J, Buchholz HW: Statistics of total knee replacement: Partial and total knee replacement, design st. Georg: A review of a 4-year observation. *Clin Orthop Relat Res*, (120); 54-64: 1976.
9. Engelbrecht E, Zippel J: The sledge prosthesis "Model St. Georg". *Acta Orthop Belg*, 39; 203-209: 1973.
10. Freeman MA, Swanson SA, Todd RC: Total replacement of the knee using the freeman-swanson knee prosthesis. *Clin Orthop Relat Res*, (94); 153-170: 1973.
11. Freeman MA, Todd RC, Bamert P, Day WH: Iclh arthroplasty of the knee: 1968-1977. *J Bone Joint Surg Br*, 60; 339-344: 1978.
12. Goodfellow J, O'Connor J: The mechanics of the knee and prosthesis design. *J Bone Joint Surg Br*, 60; 358-369: 1978.
13. Gunston FH: Polycentric knee arthroplasty. Prosthetic simulation of normal knee movement. *J Bone Joint Surg Br*, 53; 272-277: 1971.
14. Hungerford DS, Kenna RV, Krakow KA: The porous-coated anatomic total knee. *Orthop Clin North Am*, 13;

- 103-122: 1982.
15. Insall JN, Lachiewicz PF, Burstein AH: The posterior stabilized condylar prosthesis: a modification of the total condylar design. Two to four-year clinical experience. *J Bone Joint Surg Am*, 64; 1317-1323: 1982.
 16. Jones RE, Barrack RL, Skedros J: Modular, mobile-bearing hinge total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*, (392); 306-314: 2001.
 17. Jones WN: Mold arthroplasty of the knee joint. *Clin Orthop Relat Res*, 66; 82-89: 1969.
 18. Jones WT, Bryan RS, Peterson LF, Ilstrup DM: Unicompartamental knee arthroplasty using polycentric and geometric hemicomponents. *J Bone Joint Surg Am*, 63; 946-954: 1981.
 19. Kneisl JS, Finn HA, Simon MA: Mobile knee reconstructions after resection of malignant tumors of the distal femur. *Orthop Clin North Am*, 22; 105-119: 1991.
 20. Lombardi AV Jr, Mallory TH, Eberle RW, Adams JB: Rotating hinge prosthesis in revision total knee arthroplasty: indications and results. *Surg Technol Int*, 6; 379-382: 1997.
 21. MacIntosh DL, Hunter GA: The use of the hemiarthroplasty prosthesis for advanced osteoarthritis and rheumatoid arthritis of the knee. *J Bone Joint Surg Br*, 54; 244-255: 1972.
 22. Marmor L: The modular knee. *Clin Orthop Relat Res*, (94); 242-248: 1973.
 23. McKeever DC: The classic: Tibial plateau prosthesis. 1960. *Clin Orthop Relat Res*, 440; 4-8: 2005.
 24. Murray DW: Unicompartamental knee replacement: now or never? *Orthopedics*, 23; 979-980: 2000.
 25. Ranawat CS, Sculco JP: History of the development of total knee prosthesis at the hospital for special surgery. In: Ranawat CS ed. Total condylar knee arthroplasty: Technique, results, and complications. Berlin, Springer Verlag: 1985.
 26. Ranawat CS, Shine JJ: Duo-condylar total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*, (94); 185-195: 1973.
 27. Robertson O KK, Lewold S, Lidgren L: The swedish knee arthroplasty register, outcome with special emphasis on 1988-1997. San Francisco, Scientific Exhibition AAOS: 2001.
 28. Romanowski MR, Repicci JA: Minimally invasive unicondylar arthroplasty: eight-year follow-up. *J Knee Surg*, 15; 17-22: 2002.
 29. Scott RD, Santore RF: Unicondylar unicompartamental replacement for osteoarthritis of the knee. *J Bone Joint Surg Am*, 63; 536-544: 1981.
 30. Scott RD, Thornhill TS: Posterior cruciate supplementing total knee replacement using conforming inserts and cruciate recession. Effect on range of motion and radiolucent lines. *Clin Orthop Relat Res*, (309); 146-149: 1994.
 31. Seedhom BB, Longton EB, Wright V, Dowson D: Dimensions of the knee. Radiographic and autopsy study of sizes required by a knee prosthesis. *Ann Rheum Dis*, 31; 54-58: 1972.
 32. Townley C, Hill L: Total knee replacement. *Am J Nurs*, 74; 1612-1617: 1974.
 33. Walker PS, Emerson R, Potter T, Scott R, Thomas WH, Turner RH: The kinematic rotating hinge: bio-mechanics and clinical application. *Orthop Clin North Am*, 13; 187-199: 1982.
 34. Walldius B: Arthroplasty of the knee joint employing an acrylic prosthesis. *Acta Orthop Scand*, 23; 121-131: 1953.
 35. Waugh TR, Smith RC, Orofino CF, Anzel SM: Total knee replacement: operative technic and preliminary results. *Clin Orthop Relat Res*, (94); 196-201: 1973.
 36. Wilson FC: Total replacement of the knee in rheumatoid arthritis. A prospective study of the results of treatment with the walldius prosthesis. *J Bone Joint Surg Am*, 54; 1429-1443: 1972.
 37. Yamamoto S: Total knee replacement with the kodamayamamoto knee prosthesis. *Clin Orthop Relat Res*, (145); 60-67: 1979.

슬관절 치환술의 역사

연세대학교 의과대학 정형외과학교실

양 익 환

100년 이상의 역사를 가진 경첩 관절 성형술(hinge arthroplasty)은 오랜 시간에 걸쳐 다듬어지며, 현재의 회전 경첩 보형물(rotating hinge prosthesis)에 이르게 되었다. Condylar knee의 기원에 대한 공식적인 기록은 없지만, 근대적인 condylar knee나 슬관절 부분 치환술(unicompartmental knee replacement)은 1969년과 1980년 사이에 개발되었다. 경첩 보형물에 비해, condylar 슬관절 치환술은 골절제 양이 현저히 적고, 연부 조직의 균형을 맞추는 기구를 이용해 심한 내, 외반 변형을 교정함으로써 일정하면서도 성공적인 결과를 보여왔다. 1970년대 후반과 1980년대 초반에는, 고정 개선을 위한 경골 metal backing의 도입, 사용을 쉽게 하기 위한 모듈성의 개발, 내구성 개선을 위한 비시멘트 고정물 등이 소개되었으며, 1980년대 후반에는 재치환술 시 골소실과 연부 조직 불안전성을 위한 시멘트 및 비시멘트 스템 고정, metal wedge 등이 개발되었다. 기술이 나날이 발전하고 있는 현재에는, 더욱 현대화된 도구와 네비게이션 등의 사용으로, 마모의 최소화, 운동 범위 증가, 적절한 정렬과 안전성 등을 이루기 위한 노력이 경주되고 있다.

색인 단어: 역사, 슬관절 치환술