

## 시뮬레이션을 이용한 슬관절 수술 변수 결정

윤영수\*(연세대 기계과, KIST CAD/CAM 연구센터), 박세형(KIST CAD/CAM 연구센터),  
이수홍(연세대 기계과), 최귀원(KIST 의과학 센터)

### Determination of Total Knee Replacement Parameter by Simulation

Y. S. Yoon\*(Mechanical Eng. Dept., Yonsei Univ., CAD/CAM Research Center, KIST), S. H. Park(CAD/CAM Research Center, KIST), S. H. Lee(Mechanical. Eng. Dept., Yonsei Univ.), K. W. Choi(Biomedical Engineering Research Center, KIST)

#### ABSTRACT

A total knee replacement is an extremely position-sensitive operation; a malposition or a malalignment of the components will lead to a breakage of the component, a fracture around the knee prosthesis, and the limitation of range of the motion, etc. In a conventional total knee replacement, surgeons have to select an appropriate prosthesis according to the shape of the surgical region. A wrong selection may give rise to side effects or to need re-operation. Nevertheless, it is so difficult to choose the most proper prosthesis out of various kinds of prosthesis.

This paper presents a surgical planning system for the total knee replacement with an operation simulating method in order to determine the parameters for the total knee replacement operation. We select an alignment axis and a resection angle as major operation parameters in the total knee replacement operation, and introduce the method to determine the major operation parameters with the operation simulator we developed. The simulator is used to determine operation parameters for optimized operations, to select the most appropriate prosthesis, and to analyze the prospective problems of the operation.

**Key Words** : Total Knee Replacement(슬관절 전치환술), Operation Parameter(수술 변수), Total Knee Replacement Simulator(슬관절 전치환술 시뮬레이터)

#### 1. 서론

슬관절 전치환술은 1970년대 초부터 시작된 수술로써 무릎 관절이 각종 질환이나 외상 등의 원인으로 인하여 더 이상 정상적인 생활을 하지 못하고 장애가 심해지면서 약물 요법이나 물리 치료 등에 반응하지 않는 경우, 다른 수술 방법으로 해결할 수 없는 환자들에게 손상된 인체의 관절 부위를 제거시키고 인공 관절을 삽입하여 무릎 관절 운동을 가능하게 하면서 안정성을 얻고 일상적인 생활을 가능하게 해주는 수술 방법이다. 이것은 인공 슬관절이 정상 슬관절과 같은 운동성과 하중 전달의 기능을 가짐으로써 가능하다.

슬관절 전치환술은 인공 관절의 위치 및 정렬에 매우 민감하게 영향을 받는 수술 방법이다.<sup>1</sup> 수술

이 잘못되는 경우 정렬 이상으로 인한 해리, 삽입물의 파손, 인공 슬관절 주위 골절, 슬개골 탈구, 굴곡 각도의 제한 등의 증상이 발생할 수 있다.<sup>1,3,4</sup> 굴곡 각도 제한의 경우, 인공 관절의 조기 마모를 유발할 수 있고, 우리나라처럼 앉아서 생활하는 습관이 있는 곳에서는 더욱 심각한 증상이다.

현재의 인공 관절은 일반 기성복과 같이 입상에 적용되는 다양한 인공 관절 중에서 적당한 형상의 관절을 선택하여 시술되고 있지만 환자의 골 형상에 정확히 일치하는 인공 관절 선택의 어려움 때문에 종종 시술 후 부작용이 발생한다든지 아니면 재수술을 해야 될 경우도 발생하게 된다.

본 논문은 환자의 CT 정보를 이용하여 수술 전에 인공 관절 및 수술 변수를 결정하고, 시뮬레이션을 통하여 이를 검증하는 소프트웨어 개발에 관

한 것이다. 인공 관절 수술에 필요한 주요 변수는 크게 인공 관절을 선정하기 위한 변수와 수술 시에 다리의 정렬을 위한 변수로 나뉜다. 인공 슬관절을 선정하기 위한 변수는 대퇴골과 경골의 형상, 크기, 상대적 위치 등이 있다. 다리의 정렬을 위한 변수로는 역학적 축과 해부학적 축 그리고 회전 정렬을 위한 대퇴 후파 간 축 등이 있다. 이러한 축을 기준으로 외과위가 인공 관절을 조립하기 위해 대퇴골과 경골을 절골할 때 절골 위치나 두께 및 각도를 결정한다. 인공 관절 및 다리 정렬에 대한 변수가 결정되면, 시뮬레이터를 이용하여 수술 전에 미리 인공관절을 가상으로 조립해보고 동작해봄으로써 적합성을 확인한다. 시뮬레이션을 이용하면 외과위들이 실제 수술 시에 수술 과정을 반복하여 인공 관절을 선택하는 과정을 줄이고 수술의 정확도를 높일 수 있다.

## 2. 슬관절 전치환술 과정

Fig. 1 은 슬관절 전치환술 과정을 개략적으로 나타낸 순서도이다. 시뮬레이션과 관련이 없거나 너무 자세한 수술 과정은 생략하였다. 과정은 크게 X-ray로부터 축 선정, 피부의 절개, 골의 절단, 임플란트 삽입, 운동 범위 확인의 순서로 되어있고 골의 절단은 Distal Femoral Resection, Ligament Balancing, Proximal Tibial Resection, Anterior and Posterior Femoral Resection, Patella Resection 으로 나뉜다. 여기에서는 각 수술 과정과 더불어 수술 시 주의해야 될 수술 변수에 대하여 살펴본다.

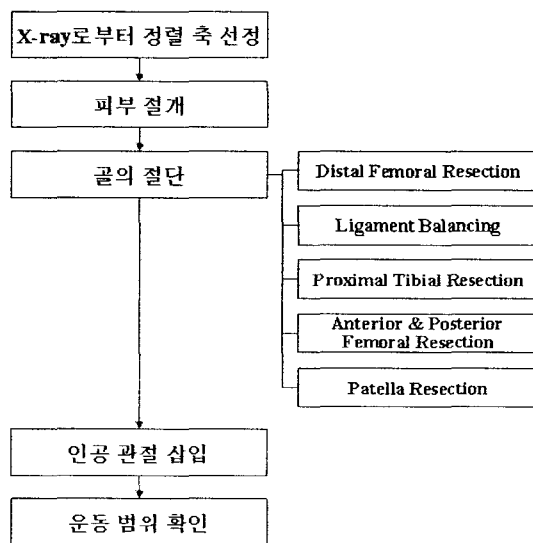


Fig. 1 A Block Diagram of Total Knee Replacement Process

### 2.1 X-ray로부터 정렬 축 선정

슬관절 전치환술에서는 다리의 정렬을 위해 두 개의 축을 Reference 로 사용한다. 사용되는 정렬 축은 역학적 축(Mechanical Axis)과 해부학적 축(Anatomical Axis)이다. 역학적 축은 대퇴 근위부에 있는 대퇴 골두의 중심과 무릎의 중심, 발목의 중심을 연결하는 선이다. 해부학적 축은 대퇴골의 중심을 따라 이루어지는 선이다.<sup>1</sup> (Fig. 2, 3)<sup>5</sup> 일반적으로 해부학적 축은 역학적 축으로부터  $7^{\circ} \pm 2^{\circ}$  정도 밖으로 휘어진다.

### 2.2 골의 절단

골의 절단은 원위 대퇴부 절단(Distal Femoral Resection), Ligament Balancing, 근위 경골부 절단(Proximal Tibial Resection), 전후방 대퇴골 절단(Anterior and Posterior Femoral Resection), 슬개골 절단(Patella Resection)으로 이루어진다.<sup>1,2</sup> 골이 절단된 양과 각도는 다리의 정렬 및 불안정성에 크게 영향을 미치기 때문에 매우 중요하다.

#### 2.2.1 Distal Femoral Resection

골수 내 가이드(Intramedullary Guide)가 보통 원위 대퇴부를 절골하는데 사용된다. 두 개의 골(Condylar) 사이의 움푹 패인 부분(Intercondylar Notch)의 중심점에 드릴로 구멍을 뚫고 Rod 를 집어 넣는다. Rod 가 이루는 선은 해부학적 축과 일치한다. 무릎에 하중을 정상적으로 전달하기 위해 원위 대퇴부의 절단면은 역학적 축에 대해  $90^{\circ}$  가 되어야 한다. 일반적으로 정렬 Rod 로부터 외반(Valgus)하여 정렬하고 절단한다. 절단된 골의 양은 원위 대퇴부의 임플란트 두께와 같아야 한다.

#### 2.2.2 Ligament Balancing

Ligament Balancing 은 두 개의 Spreader 를 사용하여 인대를 적당히 늘려 대퇴부와 경골 사이에 적절한 간격을 두는 것이다. 이 간격으로 근위 경골이 절단되는 두께가 결정된다. 간격이 적절하지 못할 경우 수술 후에 관절 좌우의 인대(Collateral Ligaments)가 팽팽하게 잡아당겨지거나 느슨해지게 된다.

#### 2.2.3 Proximal Tibial Resection

골수 외 가이드(Extramedullary Tibial Alignment Rod)를 근위 경골부의 중앙과 발목 복사뼈의 중간보다 약간 안쪽에 위치시킨다. 복사뼈의 중간에 정렬하게 되면 Cutting Block 이 내반(Varus) 방향으로 기울어지게 된다. 근위 경골은 정면에서 보았을 때 역학적 축에 대하여  $90^{\circ}$ , 측면에서 보았을 때  $6^{\circ} \sim 10^{\circ}$  뒤로 기울여 절단한다. 근위 경골부가

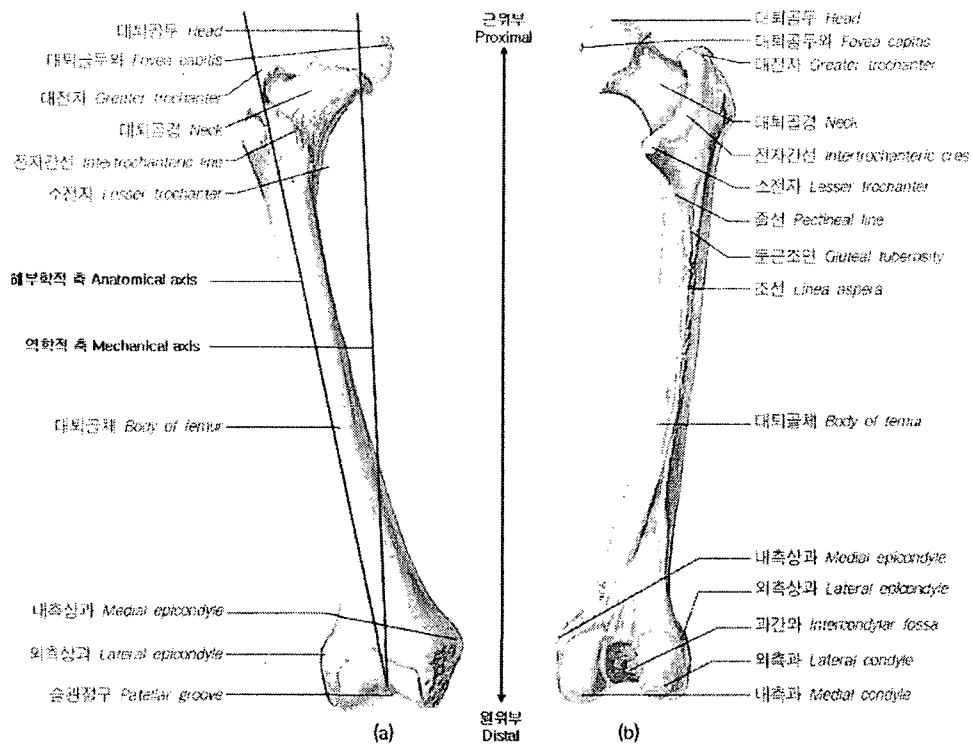


Fig. 2 Femur (a) Front, (b) Rear

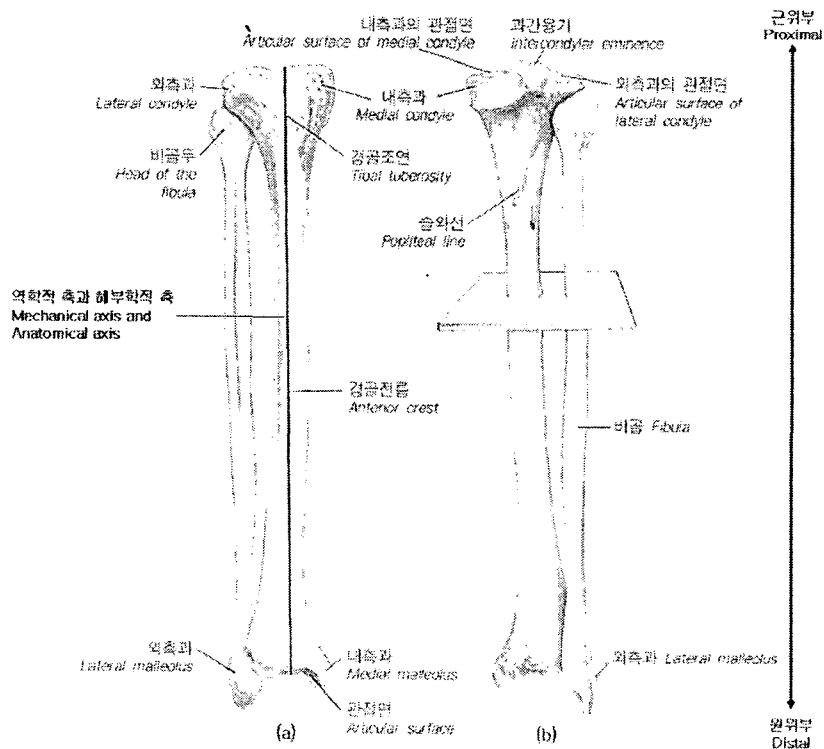


Fig. 3 Tibia and Fibula (a) Front, (b) Rear

뒤로 기울어져 있는 것은 부릐이 굴곡되었을 때 원 위 대퇴부가 Roll-back 되는 것을 돕는다.

#### 2.2.4 Anterior and Posterior Femoral Resection

전방 절제(Anterior Femoral Resection)과 후방 절제(Posterior Femoral Resection)는 대퇴 삽입물의 회전 정렬을 결정한다. 대퇴 삽입물의 회전 정렬은 슬개-대퇴 관절의 안정성 및 슬관절 굴곡 시 내외측간의 안정을 유지하는데 매우 중요하다.<sup>3</sup>

대퇴 삽입물의 회전 정렬을 결정하기 위해서 사용되는 절제 기술의 기준선으로는 양측 대퇴 상과를 연결하는 대퇴 상과간 축(Transepicondylar Axis)과 양측 대퇴 후과를 연결하는 대퇴 후과간 축(Posterior Condylar Axis)이 있다.(Fig. 4)<sup>3</sup> 이론적으로는 대퇴 상과간 축을 기준선으로 삼는 것이 좋으나, 수술 시 정확한 내외상과의 위치를 잡는 것이 어렵기 때문에 보통 대퇴 후과간 축을 사용한다. 하지만 대퇴 상과간 축과 대퇴 후과간 축 사이에는 어느 정도의 각도 차이가 존재하기 때문에 골을 절단할 때에는 각도 차이만큼 바깥쪽으로 회전시켜 전방 절제와 후방 절제를 실시해야 한다.

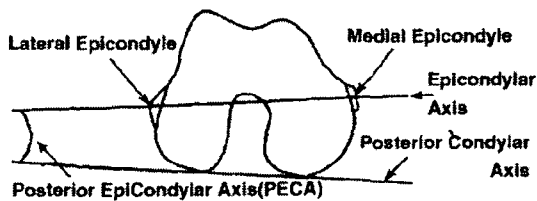


Fig. 4 A Schematic Drawings of the Axial View of the Right Distal Femur

#### 2.2.5 Patella Resection

슬개골의 절단은 슬개골의 두께에 의존한다. 슬개골은 인공관절로 치환될 수도 있고 치환되지 않을 수도 있다. 수술 시에는 의사의 경험에 의해 적절한 두께로 절단한다.

### 2.3 운동 범위 확인

인공 관절을 삽입한 후에는 다리가 적절한 운동 범위를 가지는지 확인하기 위해 0° 부터 130° 까지 구부려본다. 0° 는 다리를 일직선으로 편 상태이고, 130° 는 완전히 구부린 상태이다. 슬관절 전치환술 후의 운동 범위는 통증의 감소 다음으로 매우 중요한 의미를 갖는데, 수술 후의 환자의 만족도 면에서 일정 수준 이상의 관절 운동 범위를 얻는 것이 매우 중요하며 특히 우리나라처럼 앉아서 생활하는 습관이 있는 곳에서는 더욱 중요하다고 할 수 있다.

### 3. 시뮬레이터를 이용한 수술 변수 결정

#### 3.1 실제 수술에서의 결정 방법

앞에서 설명한 슬관절 전치환술 과정 중 인공 관절을 선정하여 부착할 때, 외과의들은 2-3 개의 인공 슬관절 Set 을 준비하여 수술을 시행한다. 환자의 관절 형상과 임플란트 제원표를 기준으로 인공 관절을 선택한 후 환자에게 인공 관절을 부착한다. 부착된 인공 관절이 환자에게 적합한지를 확인하기 위해, 다리를 좌우로 움직여보면서 인공 관절의 해리 정도를 파악하고, 무릎을 굽혔다 펴면서 굴곡 정도를 확인한다. 문제가 예상되면 크기가 크거나 작은 인공 관절을 부착해 보면서 최적 형상을 찾아서 수술을 시행한다.

이러한 수술 방법은 적절한 임플란트 선정에 있어 많은 부분을 의사의 경험에 의존한다. 기본적인 선정 기준은 존재하지만 시술하는 환자의 골 형상은 손상된 경우가 많기 때문에 정상적인 형상과 비교하여 측정에 어려움이 있다. 그래서 수술 후의 결과는 같은 술자가 같은 수술 방법으로 같은 디자인의 기구를 사용하고도 환자마다 많은 차이를 보인다. 그리고 최적의 인공 슬관절 형상을 찾기 위하여 조립과 확인을 반복하는 과정은 수술 시간이 길어지게 하므로 바람직하지 않다.

#### 3.2 시뮬레이터의 개요

본 논문에서는 환자에게 적합한 최적 형상의 인공 슬관절을 선정하고, 수술 시뮬레이션을 통해 적합성을 살펴보는 시뮬레이터를 제시한다.

시뮬레이터를 이용하면 실제 수술 시, 골 형상을 측정하는 것에 비해 더 빠르고 정밀하게 측정하는 것이 가능하며, 인공 관절 선정에 있어서도 수술 전에 미리 3 차원 영상을 통하여 선정하는 것이 가능하므로 수술 중에 인공 관절의 조립과 확인을 반복하는 번거로움을 피할 수 있고, 수술 시간을 단축시킬 수 있다.

Fig. 5 는 시뮬레이터가 수술 변수를 결정하고 인공 관절을 선정하는 과정을 보여준다. 환자에게 적합한 최적의 인공 관절을 선정하기 위하여 우선 환자의 골격 형상 정보와 기존의 상용 인공 관절에 대한 데이터베이스를 필요로 한다. 상용 인공 관절에 대한 데이터 베이스는 인공 관절 선정 변수를 기준으로 각 Component 별로 구성된다. 환자의 골격 형상 정보는 CT 이미지를 처리하여 마찬가지로 인공 관절 선정 변수를 기준으로 대퇴골과 경골, 슬개골에 대하여 형상 정보를 추출한다.

CT 이미지의 처리는 V-works™ 라는 상용 소프트웨어를 사용한다. V-works™ 는 PC 기반의 3 차원 의료 영상 소프트웨어로 국제 의료 영상 표준 규격인

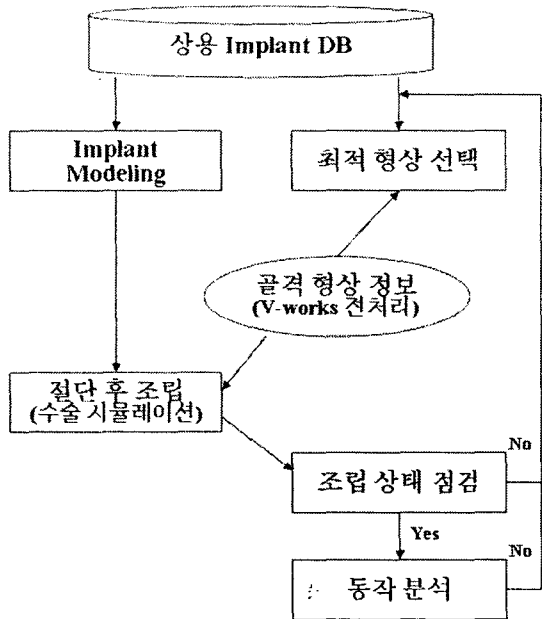


Fig. 5 A Block Diagram of Simulation Process

DICOM(Digital Imaging Communication in Medicine)으로 저장된 CT 이미지를 읽어서 볼륨 렌더링한다. 그리고 볼륨 렌더링 된 환자의 골격 형상 중 인공 관절 선정과 시뮬레이션에 필요한 형상을 Segmentation 하고, 이렇게 추출된 형상을 STL(Stereo Lithography) 파일로 Export 한다.

상용 인공 관절의 데이터 베이스로부터 가져온 인공 관절 정보와 V-works 로부터 Export 된 STL 파일은 시뮬레이터로 Import 된다. V-works™ 로부터 Export 된 STL 파일은 3 차원 영상으로 가시화되고, 이러한 화면으로부터 인공 관절 선정을 위한 골격 형상 정보를 얻어낸다. 그리고 인공 관절 정보와 골격 형상 정보로부터 선정 알고리즘에 의해 환자의 골격 형상에 적합한 최적의 인공 관절 형상을 선택한다.

최적 형상의 인공 관절이 선택되면 수술 시뮬레이션 작업으로 들어간다. 여기에서는 앞에서 언급한 수술 관련 변수들을 확인하고 그 변수들을 기준으로 가상 수술을 실시한다. 가상 수술을 실시해봄으로써 의사는 수술 시 생길 수 있는 문제점을 분석할 수 있고, 수술 변수의 차이가 수술에 미치는 영향들을 3차원 영상을 통해 확인해 볼 수 있다.

가상 수술을 통해 뼈의 절단과 인공 관절의 조립을 실시한 후에는 조립 상태의 점검이 필요하다. 조립 상태의 점검 역시 3 차원 영상으로부터 가상으로 이루어진다. 조립 상태는 영상을 통해 인공 관절 사이의 갭이나 인공 관절의 간섭 및 이전의 인공 관절 선정 기준으로부터 확인할 수 없는 부분을 영

상을 보고 파악한다. 그래서 점검 기준에 따라 조립 상태를 점검하여 보고 이상이 있다면 다시 인공 관절 선택으로 돌아가 최적 형상을 선택한다.

조립 상태의 점검을 마치면 동작 분석에 들어간다. 동작 분석은 다리가 적절한 운동 범위를 가지는지 확인하기 위해 0° 부터 130° 까지 구부려본다. 사람의 골 형상과 인공 관절의 형상이 정확히 일치하지는 않고 그 회전 속도 다르기 때문에 굴곡 각도를 확인해 보는 것이 필요하고, 이 과정에서 수술 시뮬레이션 과정의 변수들이 동작에 어떤 영향을 미치는지를 분석할 수 있다.

### 3.3 최적 형상 선택

#### 3.3.1 인공 관절 선정 기준

인공 관절 선정은 환자의 골 형상을 계측하여 여러 인공 관절 형상과 비교해보고 그 중 가장 일치하는 형상을 선정함으로써 이루어진다. 상용 인공 슬관절의 재원 목록을 살펴보면 Component 의 전후 길이, 폭, 두께를 그 선정 변수로 삼고 있다. 하지만 상용 인공 슬관절은 모두 외국 제품이므로 우리나라 환자의 체형에 적합하지 않은 경우가 많아 추가적인 선정 변수가 필요하였다. 그래서 이전 연구 중 슬관절 전치환술시 골 절제 부위와 인공 삽입물과의 불일치에 관한 연구<sup>4</sup>가 있어 본 논문에서는 이 연구를 기준으로 선정 변수를 추가하였다.

골 계측은 원위 대퇴골의 경우 대퇴골 삽입물이 3 도 바깥쪽으로 회전하는 위치에 삽입되도록 전방 절제를 실시하고, 8mm 의 두께로 원위 대퇴부의 절제를 실시하여 전방 절제된 면에 평행하게 외측 과와 과간 절흔, 내측 과의 폭 및 전방 골 절제면으로부터 외과 후면 사이의 거리 측정을 기준으로 하였다. 근위 경골의 경우 경골 내과 관절면으로부터 2mm 하방에서 골 절제를 한 후 경골의 내측 과와 외측 과의 최대 전후 길이와 경골의 폭을 선정 변수로 삼았다. 인공 관절의 형상도 골 계측에서 선정 한 변수를 선정 변수로 삼는다.(Fig. 6, 7)<sup>4</sup>

인공 관절의 선정 시에 대퇴부에서 너무 큰 인공 관절 부품으로 치환하면 슬관절의 신전 및 굴곡 시의 관절 간격의 차이가 발생할 수 있고, 슬개골과 대퇴골 간의 운동 장애를 유발하며, 관절막 등 주변 연부 조직을 자극하여 동통, 슬관절의 운동 범위 제한 등의 문제가 발생할 수 있다. 반면에 너무 작은 부품으로 치환되면 관절의 불안정성이 야기될 수 있으며, 접촉 면적이 축소되어 단위 면적당 부하가 증가되는 경우가 발생한다.

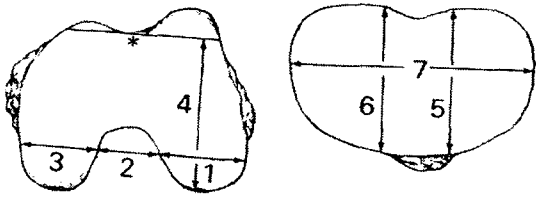


Fig. 6 Dimensions of the distal femur and the proximal tibia those were measured at bone resection level in TKA. In the femur, they were measured after anterior and distal bone resection and in the tibia, after bone resection and in the tibia, after bone resection at the level 2mm from the medial joint line.

\*: anterior bone resection line of the femur that is 3 degree externally rotated from the neutral rotation line. t.t.: tibial tuberosity. 1, 2, 3: width(medio-lateral length) of the lateral femoral condyle, intercondylar notch and medial femoral condyle. 4: height(antero-posterior length) of the lateral femoral condyle. 5, 6: height of the lateral tibial plateau and medial tibial plateau. 7: width of the tibia<sup>4</sup>

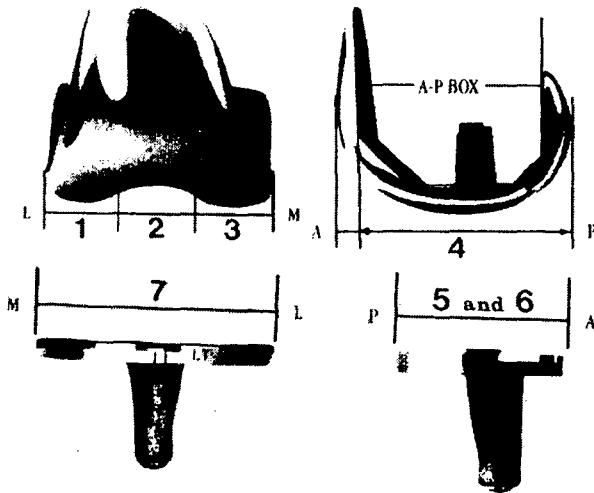


Fig. 7 Dimensions of the femoral and tibial components of the total knee prosthesis

1, 2, 3: width(medio-lateral length) of the lateral femoral condyle, intercondylar notch and medial femoral condyle. 4: height(antero-posterior length) of the lateral femoral condyle: box size + posterior condyle. 5, 6: height of the lateral tibial plateau and medial tibial plateau. They are same in dimension. 7: width of the tibial component<sup>4</sup>

### 3.3.2 인공 관절 선정

앞에서는 인공 관절을 선정하기 위한 기준을 제시하였다. 이러한 기준을 바탕으로 인공 관절 데이터베이스로부터 상용 인공 슬관절에 대한 형상 정보

를 받아 여러 회사의 형상 정보로부터 환자의 골 형상에 최적의 인공 관절을 선정한다. 대퇴골 부분의 인공 관절을 선정하기 위한 절차를 살펴보면, 우선 전후 길이를 비교하고, 폭의 일치를 비교한 후, 마지막으로 나머지 선정 변수들의 일치를 비교한다. 전후 길이 비교에서는 인공 관절의 크기가 골 실측치보다 큰 경우는 허용하지 않고, 골 실측치가 두 크기의 부품 사이에 있을 때는 작은 크기의 부품을 선택한다. 폭의 일치도 비교에서는 인공 관절의 크기와 골의 크기의 차이가 5mm 이하인 것만 선정한다. 마지막으로 내과의 폭, 과간 절흔, 외과의 폭을 비교하는데 그 일치를 %로 나타내어 합산한 후 비교해 보아 가장 높은 일치를 나타내는 인공 관절을 선택한다. 경골에 대해서도 마찬가지로 방법으로 인공 관절을 선택하는데, 경골은 대퇴골에 비해 선정변수가 적으므로 그에 맞게 선정한다.

### 3.4 절단 후 조립(수술 시뮬레이션)

#### 3.4.1 정렬 축 선정

실제 수술 시에는 X-ray 로부터 정렬 축을 선정하지만 시뮬레이션에서는 3 차원 영상으로부터 역학적 축과 해부학적 축을 선정한다. 이 축을 기준으로 다리의 정렬이 정상일 때에는 몸이 주는 하중이 곧바로 무릎으로 전달된다. 그러나 정렬이 변하면 하중이 비스듬히 무릎에, 실리기 때문에 무릎 인대에 부담을 주고 응력이 한쪽으로 집중된다.

#### 3.4.2 Distal Femoral Resection

두 개의 과(Condylar) 사이의 움푹 패인 부분(Intercondylar Notch)의 중심점에 드릴로 구멍을 뚫고 Rod 를 집어 넣은 후 절단하는 과정이 시뮬레이션된다. 이 과정에서 주의해야 할 변수는 드릴로 구멍이 뚫리는 점과 정렬 축 선정에서 얻은 두 축 사이의 각 그리고 절단된 골의 두께이다. 구멍이 뚫리는 중심점과 두 축 사이의 각은 다리의 정렬에 영향을 미치고 절단된 골의 두께는 관절선(Joint Line)의 위치를 결정한다. 관절선은 대퇴골과 경골이 만나는 부분으로 그 위치에 따라 무릎의 안정성과 움직임이 결정되는데 이것을 시뮬레이션을 통해 확인할 수 있다.

#### 3.4.3 Ligament Balancing

원위 대퇴부의 절단면과 근위 경골 사이의 간격이 변수로 선정되는데, 늘어나거나 수축하는 인대의 성질을 3 차원 영상으로 표현하기 어렵기 때문에 시뮬레이터에서는 간격의 범위를 미리 설정해두어 적절한 간격을 조정할 수 있도록 한다. 간격이 너무 좁을 경우는 좌우 측부 인대(Collateral Ligaments)가

느슨해지고, 간격이 너무 넓을 경우에는 좌우 측부 인대가 팽팽해져 부릎의 굴곡 간격에 영향을 받는다.

### 3.4.4 Proximal Tibial Resection

골수 외 가이드(Extramedullary Tibial Alignment Rod)를 부착시키고 근위 경골을 절단하는 과정이 시뮬레이션 된다. 이 때 주의해야 할 변수는 가이드를 정확히 역학적 축에 따라 일치시키기 위한 중심점의 위치와 근위 경골의 정면과 측면에서의 절단 각도이다. 특히 측면에서의 절단을 여러 각도에서 확인함으로써 인공 관절의 원위 대퇴부가 굴곡되는 정도를 확인할 수 있다.

### 3.4.5 Anterior and Posterior Femoral Resection

시뮬레이터에서는 대퇴 상과 간 축과 대퇴 후과 간 축을 결정하는 것이 우선적으로 수행된다. 실제 수술과 달리 영상에 의해 축의 위치와 각도를 측정하는 것이 수월하기 때문에 두 축 사이의 각도를 여러 단계로 나누어 각 단계별로 전방 절제와 후방 절제를 시행해 봄으로써 환자에게 가장 적합한 각도를 얻어낼 수 있다.

## 4. 결론

슬관절 전치환술은 관절의 위치와 정렬에 매우 민감하게 영향을 받는 수술 방법이다. 그래서 수술 후의 결과는 같은 술자가 같은 수술 방법으로 같은 디자인의 기구를 사용하고도 환자마다 많은 차이를 보인다. 본 논문에서는 수술 과정 중 관절의 위치와 정렬에 영향을 미치는 수술 변수들에 대하여 살펴보고, 이러한 수술 변수들을 기준으로 가상 수술을 3 차원 영상으로 보여주는 시뮬레이터를 제시하였다. 시뮬레이터는 환자에게 적합한 최적의 인공 관절을 선정할 수 있고, 수술 과정을 시뮬레이션하여 각 수술 과정에서 수술 변수의 변화에 따라 수술 결과가 어떻게 바뀌는지를 확인해 볼 수 있다. 또한, 의사에게 기존에 사용되던 수술 방법보다 더 좋은 수술 방법을 제시하거나, 환자에게 적합한 주문형 인공 관절의 설계에 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 차후에는 실제 수술에서 얻어진 현장 데이터를 시뮬레이터에 적용하여 예측 값과 비교 분석해보면서 시스템을 향상시켜 나갈 것을 계획하고 있다.

## 후 기

본 연구는 산업 자원부의 2004 년도 실버 의료기기 핵심 기술 개발 사업의 지원에 의하여 이루어졌습니다.

## 참고문헌

1. Laskin, Richard S, "Total Knee Replacement," London, Springer-Verlag, pp. 55 - 74, 1991.
2. Nofrini L., La Palombara F., Planning of Total Knee Replacement: Analysis of the Critical Parameters Influencing the Implant, Annual EMBS International Conference, pp. 1861-1863, 2000
3. Woo-Shin Cho, M.D, Jung-Hwan Kim, M.D, " The Discrepancy between Epicondylar and Posterior Condylar Axis of Femur in Total Knee Arthroplasty," Journal of the Korea Knee Society, Vol. 11, No. 1, pp. 8-12, 1999
4. Woo-Shin Cho, M.D, Soo-Sung Park, MD, "The Shape and Size Discrepancy between Bone and Prosthesis in Total Knee Arthroplasty," J. of Korean Orthop. Assoc. Vol. 33, No. 4, pp. 1045-1055, 1998.
5. 강기선, 김명희, 인체 해부학? 서울; 고문사, pp. 86 ? 89, 2001.