

## Osteotomy for Osteoarthritis of the Knee

## 슬관절 관절염에 대한 외측 폐쇄 경골 절골술

노두현 • 이상훈 • 성상철 • 이명철<sup>✉</sup>

서울대학교 의과대학 정형외과학교실

## Lateral Closing Wedge Osteotomy of Tibia for Degenerative Arthritis

Du Hyun Ro, M.D., M.S., Sahnghoon Lee, M.D., Ph.D.,  
Sang Cheol Seong, M.D., Ph.D., and Myung Chul Lee, M.D., Ph.D.<sup>✉</sup>

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

Proximal tibial osteotomy is an effective, well-established treatment for unicompartmental arthritic knee with varus or valgus deformity. Four basic types are commonly described: lateral closing wedge osteotomy, medial open wedge osteotomy, dome osteotomy, and medial opening hemicallosis. The objective of this procedure is to realign the weight-bearing axis through the knee by redistributing the forces of weight to the less involved compartment of the knee. With thorough preoperative planning and careful selection of patients, optimal outcome can be expected with preservation of the patient's joint. In this article, we reviewed selection of patients, surgical planning, surgical technique, complications, pre- and post-operative change in mechanics, and long term surgical outcome of closing wedge osteotomy. Optimal outcome is expected in patients with young age (younger than 60), stable knee, medially confined osteoarthritis, and good range of motion. According to the literature, average 10-year survival rate is expected to be 60% to 90%. Closing wedge osteotomy allows for rapid bone healing, early weight bearing, rehabilitation, and low rates of correction loss. Surgeons should keep in mind that optimal indication, preoperative planning, and use of safe operative technique are essential to achievement of best results.

**Key words:** osteotomy, high tibial osteotomy, lateral closing, osteoarthritis

## 서 론

경골 근위부 절골술은 내측 구획 슬관절 골관절염의 수술적 치료 방법 중 하나로 최근 인공관절 전치환술 및 부분치환술의 발전으로 인해 적응증이 좁아졌으나 내측 구획 관절염을 호소하는 젊고 활동적인 환자에게 그 자체로도 매우 효과적인 치료방법이며, 인공 슬관절 치환술의 시행 시기를 지연시킬 수 있는 방법이다.<sup>1-4)</sup> 1958년 Jackson이 관절염의 치료를 위해 경골 근위부 절골술을 사용할 수 있음을 처음 보고하였으며 1965년 Coventry<sup>5)</sup>가 관절염 환자에 외측 폐쇄형 절골술을 사용하여 만족할 만한 결과를 보고한

뒤 관절염의 치료방법으로 널리 알려지게 되었다. 수술의 목적은 슬관절의 내반 변형을 외반으로 바꾸어 내측 구획에 가해지는 과도한 압력을 줄여주는 데 있으며 불안정성이 있는 환자에서 인대 재건술과 같이 시행하는 경우도 있다. 수술 방법은 외측폐쇄 절골술, 내측 개방형 절골술, 돔형 절골술, medial opening hemicallosis 등이 있으며 이 중 외측 폐쇄형 절골술과 내측 개방형 절골술이 가장 널리 쓰인다.<sup>6,7)</sup> 이번 논의에서는 내반 변형을 동반하는 골관절염으로 외측 폐쇄형 절골술을 시행하는 경우의 장, 단점과 결과를 알아보고 환자 선정, 수술 전 계획, 수술 방법을 고찰해보고자 한다.

## 본 론

## 1. 환자 선정

적절한 환자 선정은 성공적인 결과를 얻을 수 있는 가장 중요한

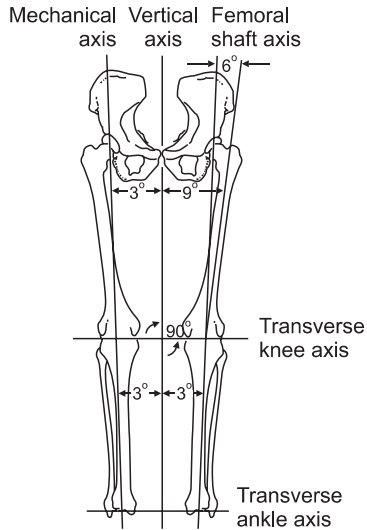
Received July 25, 2013 Revised August 13, 2013 Accepted August 28, 2013

<sup>✉</sup>Correspondence to: Myung Chul Lee, M.D., Ph.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Seoul National University Hospital, 101 Daehak-ro Jongno-gu, Seoul 110-744, Korea

TEL: +82-2-2072-2368 FAX: +82-2-2764-2718 E-mail: leemc@snu.ac.kr

요소로 관절염의 위치와 정도, 내반 변형여부, 통증의 정도에 대한 고려가 필요하다. 수술의 적응증은 1) 내측부 관절염으로 인해 통증 및 장애가 조절되지 않아 직장생활이나 일상생활이 어려운 경우, 2) 슬관절의 내반 변형을 동반하며 내측부 통증을 호소하는 경우, 3) 6주 가량 목발을 짚고 다닐 수 있을 정도의 충분한 근



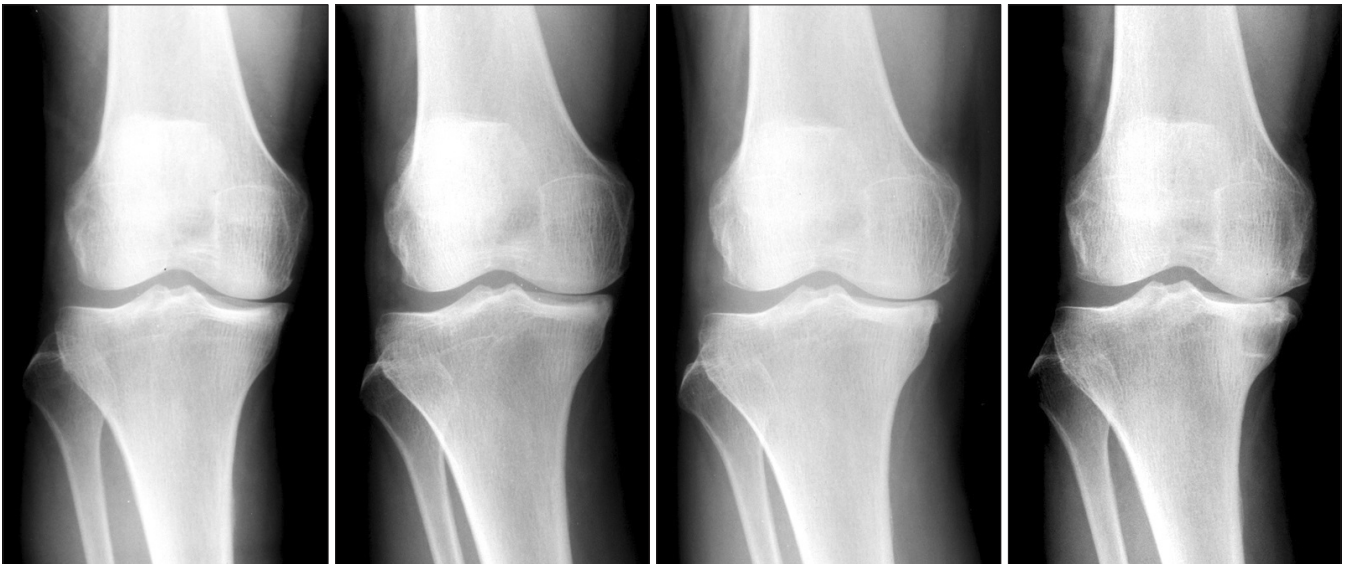
**Figure 1.** Relationship between mechanical axis and anatomical axis in normal lower extremity. The mechanical axis is a line connecting the centers of the femur head and the tibiotalar joint, which passes through the center of the knee joint. It is in 3 degrees of valgus from the vertical axis of the body. Anatomical axis (femoral shaft axis) is in 6 degrees of valgus from the mechanical axis of the lower limb and 9 degrees of valgus from the true vertical axis of the body.

력 및 의지가 있는 경우 해당된다. 하지만 다음 각 사항에 해당하는 경우 예후가 나빠 근위 경골 절골술을 하지 않는 것이 좋다.<sup>4,8,9)</sup>

1) 외측 관절간격의 소실, 2) 경골의 외측 아탈구가 1 cm 이상, 3) 내측 경골 골소실 2-3 mm 이상, 4) 굴곡 구축 15도 이상, 5) 후속 굴곡 90도 미만, 6) 교정각이 20도 이상 필요한 경우, 7) 염증성 관절염인 경우(류마티오이드성 관절염, 통풍성 관절염 등), 8) 말초혈관질환이 동반되는 경우, 9) 나이가 고령인 경우이다. 일반적으로 수술 전 다음 조건을 갖는 환자들에게는 좋은 예후를 기대할 수 있다.<sup>4,6,8)</sup> 1) 60세 이하의 비교적 젊은 환자, 2) 내측부 관절염만 있는 경우, 3) 슬관절 불안정성이 없는 경우, 4) 수술 전 관절운동범위가 90도 이상인 경우, 5) 내반 변형이 10도 미만인 경우, 6) 초기 관절염인 경우. 수술의 목적은 통증완화이며 정상 슬관절로 회복되지 않음을 주지시켜야 한다. 또한 수술의 한계점이 존재하므로 수술의 결과에 대해 과도한 기대를 갖지 않도록 환자와 상담이 필요하다.

## 2. 수술 전 검사 및 계획

성공적인 결과를 얻기 위해 철저한 병력청취 및 수술 전 검사 그리고 정확한 수술계획이 필수적이다. 수술 전 관절운동범위 측정, 동통의 위치, 내반, 외반 스트레스 검사, 전후방 스트레스 검사를 통해 불안정성 여부를 평가해야 한다. 환자의 보행을 평가하여야 하며 입각기에서 varus thrust gait가 없는지, 대퇴사두근 회피 보행(quadriceps avoid gait), 전반슬(recurvatum)이 없는지 확인해야 한다. 기본 검사로 체중부하 상태에서 촬영한 양측 슬관절 전후면, 측면, Rosenberg view, teleradiography, skyline 상을 얻고 골관절염 위치 및 정도를 평가한다. 수술의 적응증에 해당하는지, 부적응



**Figure 2.** Progression of osteoarthritis in the varus knee (left to right). Varus deformity increases adduction moment of the knee during gait, which further increases medial tibiofemoral joint loading. Increased loading aggravates osteoarthritis and deformity. If lateral laxity accompanies, varus deformity can show rapid progress.

중에 해당하지 않는지 확인한다. 내반 스트레스 사진 촬영을 통해 외측 인대의 이완 정도 및 내측 연골의 두께를 추정할 수 있으며 이를 수술 계획에 반영하기도 한다.<sup>10,11)</sup> 자기공명영상을 통해 연골의 두께 및 연골판의 동반손상 여부, 전후방십자인대의 상태 및 연골하골의 상태, 대퇴-슬개관절염 정도를 평가해 볼 수 있다. 컴퓨터단층촬영 및 single-photon emission computed tomography/computed tomography 검사의 효용성 여부는 아직 밝혀지지 않았다.<sup>12)</sup>

Teleradiography 사진을 통해 관상면상 변형 정도를 평가하고 목표 교정각을 계산한다. 역학적 축 및 해부학적 축이 교정 전후의 기준으로 사용된다. 역학적 축(mechanical axis)은 대퇴골두 중심에서 거골의 중심을 잇는 선을 의미하며 정상 하지 정렬을 갖는 환자의 경우 역학적 축은 슬관절의 중심을 지난다(Fig. 1). 이 경우 내측 구획을 통해 체중의 60%~70%가, 외측을 통해 30%~40%가 전달되지만 내반 변형이 있는 환자의 경우 내측 구획의 체중 부하가 늘어난다.<sup>13,14)</sup> 내반 6도의 슬관절은 체중의 95%가 내측을 통과하게 되어 내측부 압력을 증가시켜 통증을 일으키고 관절염을 촉진시킨다.<sup>14)</sup> 관절염으로 인해 내측 관절 간격은 더욱 좁아지게 되며 외측부 이완을 동반하는 경우 더욱 심한 변형을 초래할 수 있다(Fig. 2). 수술의 목표는 내반 변형을 외반으로 교정하여 내측부 압력을 감소시켜 주는 것이며 1) 해부학적 축을 기준으로 8~10도 외반으로 과교정하는 방법,<sup>15)</sup> 2) 역학적 축을 기준으로 3~5도 외반으로 교정하는 방법,<sup>15-17)</sup> 3) 역학적 축이 경골부 내측으로부터 62.5% 지점을 지나도록 하는 방법이 널리 쓰인다(Fig. 3).<sup>18)</sup>

Coventry 등<sup>15)</sup>은 경골 절골술 후 평균 10년 장기 추시 연구에서 교정각을 외반 8도 미만으로 한 경우 5년 생존율이 38%밖에 되지 않는 반면 8도 이상의 과교정을 한 경우 90%가 되므로 8도 이상의 과교정이 필요하다 하였으며, Fujisawa 등<sup>18)</sup>은 중앙에서 외측으로 30%~40% 되는 지점으로 역학적 축이 지나갈 때 관절 연골이 가장 잘 회복됨을 수술 전, 후 관절경으로 확인하였다. 정도의 차이는 있으나 슬관절을 외반 과교정하는 것이 수술의 목표로서 널리 받아들여지고 있으며 여러 장기추시 결과들에 의해 뒷받침되고 있다.<sup>15-18)</sup> 반면 몇몇 저자들은 환자 개인의 연부조직 및 연골 손상 정도에 맞춰 교정 목표를 달리 해야 한다 주장한다. Dugdale 등<sup>10)</sup>은 수술 전 외측 이완이 심한 경우 수술 후 과교정되는 경향이 있어 내반 스트레스 촬영을 수술 전 시행하여 외측 간격이 1 mm 건측보다 벌어질 때마다 목표치를 1도 줄여야 과교정을 피할 수 있다 주장하였다. 체중 부하 방사선은 외측 이완 등으로 부정확하기 때문에 비체중 부하 방사선 촬영으로 목표값을 잡아야 한다는 주장도 있다.<sup>19)</sup> Marti 등<sup>11)</sup>은 내측 연골 결손이 심할수록 역학적 축을 더욱 외측으로 지나가도록 수술해야 하며 연골 결손이 1/3일 경우 중앙에서 외측으로 10%인 지점에 역학적 축이 지나가도록, 2/3일 경우 20%~25%, 전체 결손일 경우 30%~35% 외측인 지점으로 지나가도록 수술해야 한다 주장하였다. Prodromos 등<sup>20)</sup>은 보행분석을 통한 연구에서 수술 후 같은 교정각을 얻더라도 환자마다 슬관절의 내전모멘트가 각기 다르며 모멘트가 큰 경우 교정 소실이 증가함을 보고하였다. 이에 정적인 사진을 바탕으로 계획을 세우는 기존 방법에 동적인 보행 분석이 더해져

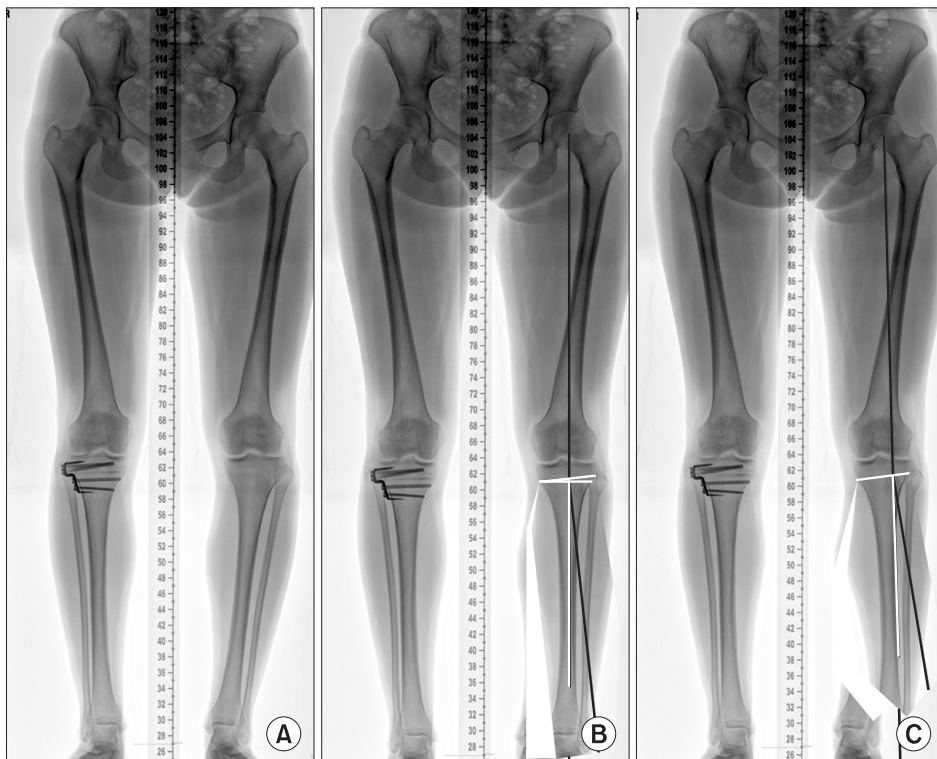


Figure 3. Preoperative simulation with a full-length standing radiograph. We simulate postoperative limb alignment according to the intersecting location of the mechanical axis. (A) This photograph shows preoperative alignment on the left extremity. (B) This photograph shows the mechanical axis that passes through the lateral tibial spine. (C) This photograph shows the Fujisawa point. We also measured anatomical axis and medial proximal tibial angle (MPTA) in each case. As the causes of varus deformity can differ, all of these variables should be considered together for development of an optimal results.

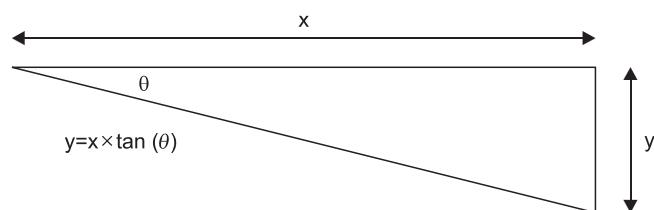


최상의 결과를 얻을 수 있을 것이라 주장하였다. 상기 서술한 각각의 수술 목표는 후향적 분석에 의한 경험론적인 결과로 각각의 한계점이 존재한다. 그러므로 단순히 하나의 목표값을 정하여 수술을 하는 것보다는 여러 가지 측면을 고려하여 수술 목표를 결정해야 하겠다. 한편 관절염이 아닌 후외측 불안정성과 동반한 varus thrust gait에 대한 교정을 위해 근위 경골 절골술을 시행할 경우 역학적 축이 경골의 가운데에 오도록 교정을 해야 한다.<sup>21)</sup>

교정 각도 계산은 3가지 방법이 널리 쓰인다. 첫째, 교정각 1도에 1 mm씩 계산하는 방법으로 이는 절골이 가해지는 부분(관절면하 2.0-2.5 cm 아래)의 내외측 경골 폭이 56 mm에 해당할 때 정확하며 그보다 클 경우 적게, 그보다 작을 경우 많이 교정된다. 실제 대부분 환자들의 경골 폭은 56 mm보다 커서 이는 일괄적으로 적용하기에 부정확한 방법이다. 둘째, 공식을 사용하여 하는 방법이 있다. 경골 절골을 가하는 부분(관절면하 2.0-2.5 cm 아래)에서 관절면과 평행한 경골의 내외측 길이를  $x$ 라고 하고, 교정각을  $\theta$ 라 할 때 제거해야 할 골절편의 길이  $y = x \times \tan(\theta)$ 로 계산하는 방법이다(Fig. 4). 하지만 외측 경골면은 비스듬하므로 오차가 발생하며 방사선 사진은 보통 확대되므로 확대율을 나누어 주거나 실제 길이를 나타내는 장치를 같이 촬영하여 해당 배율만큼 나누어 계산해야 하는 점에 유의해야 한다. 셋째로 방사선 사진에서 직접 측정하는 방법으로 picture archiving and communication system (PACS)이 되는 컴퓨터를 사용할 경우 가장 간편하다. 역학적 축이 지나갈 지점을 정한 다음 목표 교정각을 계산한다. 그 다음 경골 관절면 2 cm 아래에서 목표 교정각에 해당하는 각을 표시한 뒤 경골 근위부 외측에서 제거할 양을 직접 측정하면 된다. 마찬가지로 방사선 사진이 확대될 수 있으므로 보정을 해야 한다(Fig. 5).

### 3. 외측 폐쇄형 절골술의 장점 및 단점

외측 폐쇄형 절골술의 장점으로 1) 골유합이 빨라 조기 보행이 가능하며, 2) 대퇴 사두근의 수축이 압박력으로 작용하여 초기 안정성이 우수하고, 3) 변형이 발생한 부위에서 가깝게 교정을 하며, 4) 경골 경사의 증가가 미미하고, 5) 수술 시 같은 절개선을 이용하여 관절면을 관찰할 수 있으며, 6) 슬개골 하위(patella baja)가 잘

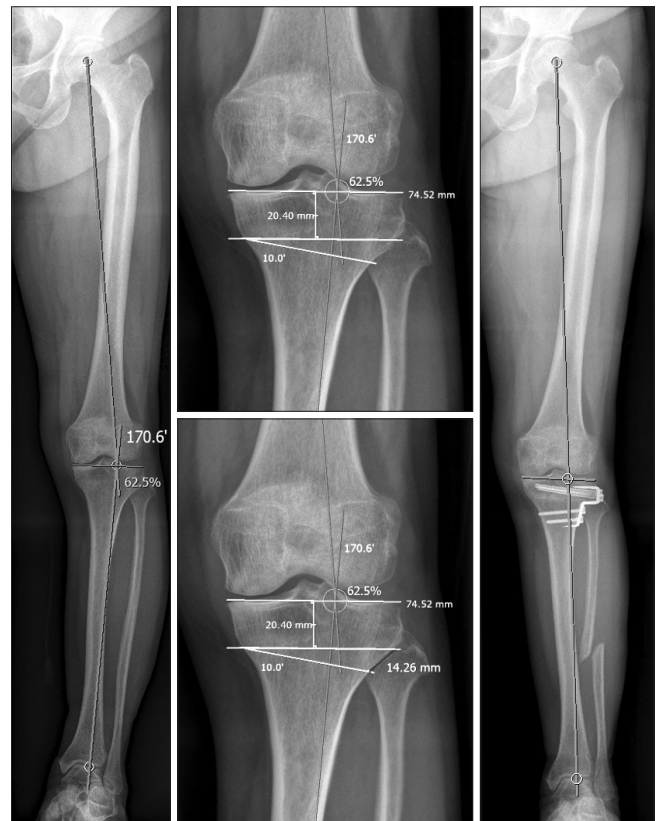


**Figure 4.** Calculation of wedge height using a trigonometric method. Actual wedge height ( $y$ ) is calculated with the desired angle of correction ( $\theta$ ) and actual tibial width ( $x$ ). Actual tibial width should be measured at 2.0-2.5 cm distal to the joint line and should be normalized according to the amount of magnification.

발생하지 않는다. 또한 7) 골이식이나 골 대체물이 필요 없으며, 8) 교정각의 소실빈도가 적다는 장점이 있다. 이에 반해 단점으로는 1) 교정하는 쪽의 하지 길이가 감소하고, 2) 정확한 교정을 얻기가 힘들며, 3) 비골 절골술 혹은 경비골 분리술이 추가로 필요하며, 4) 술기가 비교적 어렵고, 5) 신경합병증 및 불유합의 가능성이 있으며, 6) 인공슬관절 전환 시 골결손이 크다는 단점이 지적되기도 한다.<sup>22)</sup> 문헌에서 보고하는 단편적인 장, 단점보다는 술자의 숙련도 및 환자의 특성에 맞게 적절한 술식을 적용하는 판단력이 더 중요하며, 외측 폐쇄형 절골술 시 고려할 사항 및 합병증은 다음과 같다.

#### 1) 경골 경사 변화

외측 폐쇄형 절골술 이후 경골 경사는 감소하고 내측 개방형 절골술 이후 경골 경사는 증가한다. 이는 절골 시 시상면상 회전 중심(center of rotation angulation)이 경골의 뒷부분으로 가기 쉬워 일어난다. 회전 중심이 시상면상 뒤에 위치할 경우 신연 시(distraction) 경골 경사각이 증가하고 압박 시(compression) 경골 경사각이 감소한다. 그러므로 내측 개방형 절골술 후 굴곡구축이



**Figure 5.** Calculation of wedge height using a picture archiving and communication system (PACS). Desired angle of correction is measured using teleradiography. In this figure, desired angle of correction is 10 degrees when the mechanical axis passes through the Fujisawa point. This angle is marked at 2 cm distal to the joint line and the wedge height can then be measured directly.

발생할 수 있으며 외측 폐쇄형 절골술 이후에는 전반슬이 발생할 수 있다.<sup>23,24)</sup> 외측 폐쇄형 절골술 시에 후면의 골을 의도적으로 더 절제하여 이를 방지할 수 있으며 내측 개방형 절골술 시 뒷부분을 더 신연시켜 이를 방지할 수 있다. 상기 이유로 굴곡 구축이 있는 환자는 내측 개방형 절골술보다는 외측 폐쇄형 절골술이 더 선호되며 전반슬이 있는 환자는 내측 개방형 절골술이 유리하다. 일반적으로 내측 개방형 및 외측 폐쇄형 절골술 이후 경골 경사각의 변화는 5도 미만으로 대부분의 경우 임상적으로 큰 문제는 없으며 절골술 시 전방부를 의도적으로 적게 제거하여 이를 최소화할 수 있다.<sup>23,24)</sup> 다만 전후방 불안정성이 동반된 환자에서 경골 경사의 변화는 십자인대에 과도한 긴장을 줄 수 있으므로 이에 대한 고려가 필요하다. 경골 경사각이 늘어나는 경우 경골의 전방전위가 증가하는 경향이 있어 전방 십자인대에 긴장이, 경골 경사각이 감소하는 경우 과신전을 일으켜 후방십자인대에 긴장이 가해질 수 있다. 전방십자인대의 기능 부전이 있는 경우 경골 경사각의 감소가 안정성에 도움이 되기도 하므로 외측 폐쇄형 절골술이 유리하다.<sup>23,24)</sup>

## 2) 슬개골 위치 변화

외측 폐쇄형 절골술은 슬개건 부착부보다 근위부에 절골을 가하고 뼈를 제거한다. 그러므로 수술 후 슬개골의 위치는 상대적으로 높아지며 내측 개방형 절골술의 경우 반대로 슬개골의 위치가 낮아진다.<sup>25,26)</sup> 외측 폐쇄형 절골술 후 슬개골 하위를 보이는 경우도 많이 보고되는데 이는 주로 과거 오랜 기간 고정 뒤 발생한 슬개인대 주변의 섬유화, 반흔화가 원인인 것으로 보이며 단단한 내고정 및 조기 관절운동 시행으로 슬개골 하위의 빈도는 감소하였다.<sup>26-29)</sup> 슬개골 하위가 발생하는 경우 인공관절술로 전환 시 수술술기의 어려움을 보고하는 경우가 있으므로 외측 폐쇄형 절골술 시에 슬개인대 주변의 연부조직을 다룰 때 세심함이 요구되며 외측 절골 술시 단단한 내고정 및 수술 후 조기관절운동이 중요하다.<sup>22,26-29)</sup> 경골하 이중 절골술(biplanar osteotomy)을 통해 슬개골 위치변화를 최소화할 수 있으나 골절의 위험성이 있다.

## 3) 외측 폐쇄형 절골술 이후 합병증

(1) 구획증후군: 드문 합병증이나 항상 염두에 두고 있어야 한다. Gibson 등<sup>30)</sup>은 외측 폐쇄형 절골술을 시행하고 배액관을 거치지 않은 10명의 환자 중 7명에서 전방구획의 압력이 45 mmHg 이상 상승하였고 그 중 5명이 일시적인 증상을 경험한다 보고했다. 반면 배액관을 거치한 환자들의 경우 구획 압력이 30 mmHg 이하이며 구획증후군 증상도 없어 적절한 배액관의 설치를 통해 구획증후군의 위험을 최소화할 수 있다 하였다. 십자인대재건 등의 관절경 수술이 동반되는 경우 extravasation으로 인한 구획압력 증가의 가능성이 높기 때문에 각별히 주의를 기울여야 한다.<sup>31)</sup>

(2) 골절선의 관절 내 파급: 절골술 후 골절선의 관절 내 파급

의 빈도는 0%-20%로 보고된다.<sup>4,32-35)</sup> 절골술을 관절면에 너무 가깝게 시행하거나 내측 골이 많이 남아 외반력에 대한 저항이 큰 경우 발생하며 교정각이 큰 경우 의도하지 않은 추가 골절이 발생할 확률이 높아진다. 이를 방지하기 위해 절골술은 관절면 20-25 cm 아래에서 시행하여 단단한 연골하골이 충분히 포함되도록 하며 내측 피질골은 최소한으로 남기도록 한다.<sup>36)</sup> 예상 교정각이 큰 경우 드릴로 경골 내측 피질골에 구멍을 뚫어 이를 방지할 수 있다.<sup>37)</sup> 관절 내 골절이 발생한 경우 수술장 내에서 이를 인지하는 것이 중요하며 방사선 투시장치 등을 사용하여 전위 여부를 확인 하도록 한다. 전위가 심한 경우에는 정복 후 압박나사 등의 고정이 필요하다. 그러나 대부분의 관절 내 골절은 전위가 없으며 임상증상을 유발하지 않는다.<sup>38)</sup>

(3) 불유합: 외측 폐쇄형 절골술은 해면골의 접촉면적이 넓고 대퇴사두근이 압박력으로 작용하기 때문에 불유합 및 지연유합이 드물며 1%-5% 정도의 빈도로 보고되고 있다.<sup>3,4,35,39)</sup> 지연유합의 경우 체중 부하를 천천히 시키고 필요에 따라 부목을 오래 거치함으로써 대부분 치유되나 잠김나사금속판, 외고정장치 골이식 등을 사용한 추가 수술이 필요할 수 있다.

(4) 신경손상: 비골신경마비의 빈도는 0%-20%로 보고된다.<sup>3,4,32,35,40,41)</sup> 부적절한 신경의 보호로 인한 직접 손상, 수술 후 구획압력 증가로 인한 신경마비가 주요 원인이며 지혈대의 사용, 교정 시에 발생할 수 있는 신경의 신연도 관련이 있다.<sup>42)</sup> 장무지신전근(extensor hallucis longus)의 기능부전이 가장 흔하다.<sup>40)</sup> 비골신경은 대퇴 이두근과 비복근 사이를 지나 비골 경부를 감싸고 장비골근 안에서 천부와 심부 신경으로 분지하는데 심부 신경은 비골두 아래 7-15 cm 지점에서 장무지신전근으로 신경을 2-3개 분지하며 이 부분에서 비골 절골술을 시행하는 경우 특히 높은 빈도로 마비가 발생한다.<sup>40,43)</sup> Wootton 등<sup>40)</sup>은 비골두에서부터의 거리에 따라 절골술이 가해지는 위치를 Zone 1에서 4로 나누고 Zone 1인 근위 경비골 관절을 분리하는 경우, Zone 4인 비골두 하방 15 cm에서 절골술을 하는 경우 비골신경 마비가 발생하지 않아 해당 부위에서 분리술 혹은 절골술을 하는 것이 안전하다고 하였다.

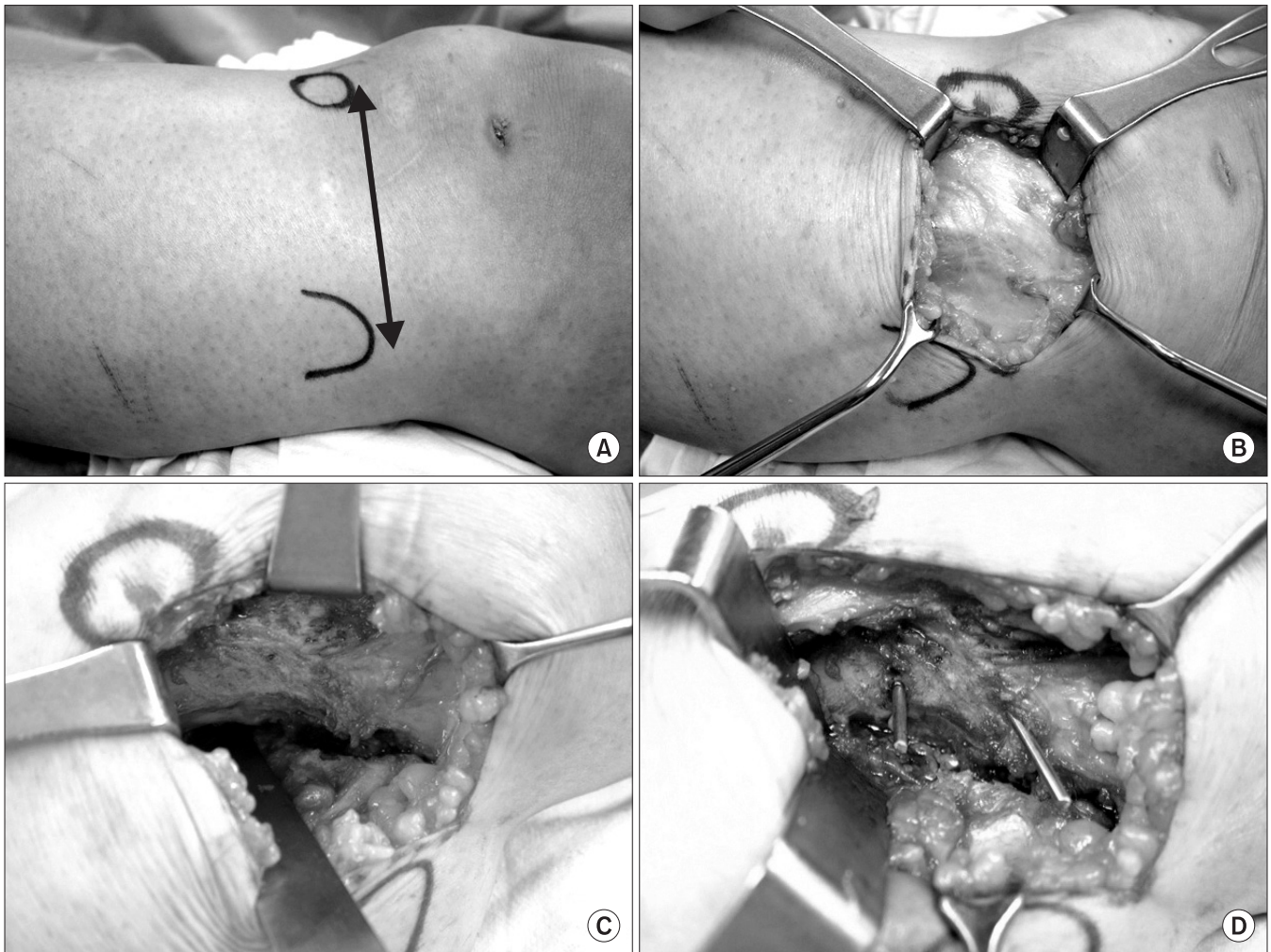
(5) 반대쪽 피질골의 골절: 외측 폐쇄형 절골술 시 외반력을 가하는 과정에서 내측 피질골 골절이 발생할 수 있으며 이의 빈도는 50%-80% 가량, 내측 개방형 절골술 시 외측 피질골 골절의 빈도는 35% 가량으로 외측 이 조금 높은 것으로 보고된다.<sup>44,45)</sup> 전통적으로 반대편 피질골의 골절은 교정각의 소실, 나쁜 예후와 연관이 있다고 알려져 있으나 이견이 존재한다.<sup>3,44,45)</sup> van Raaij 등<sup>44)</sup>은 외측 폐쇄형 절골술에서 반대쪽 피질골 골절이 발생하는 경우 원하는 교정각을 더 잘 얻을 수 있었으며 외반 교정상태의 소실 없이 잘 유지됨을 보고한 반면, 내측 개방형 절골술에서 반대쪽 피질골의 골절이 발생한 경우 교정각의 소실이 관찰되었다고 보고하였다. 외측 폐쇄형 절골술 시 발생하는 내측 피질골의 골절

은 큰 임상적 의미가 없는 것으로 생각한다.

#### 4. 수술 방법

관절면 2.0-2.5 cm 아래에 경골 절절에서부터 비골두까지 관절면과 평행하게 5-8 cm 가량 피부절개를 시행하여 근막을 노출시킨다. Langer's line을 따라 절개하게 되므로 후에 반흔이 적게 남는 장점이 있다(Fig. 6A). 넓은 시야를 위해 긴사선형 절개나 L shape 절개를 할 수도 있으나 평행 절개로도 대개 시야는 충분하다. 피부 절개 후 전경골근을 노출하고 경골의 외측면을 따라서 근육 부착부에서 골막하 박리한다(Fig. 6B). 크기가 작은 스테이플 혹은 Rigid stepped plate (RSP)를 사용할 경우 내고정물 삽입을 위해 필요한 공간은 위아래 5 cm 및 폭 3 cm 가량으로 박리해야 할 면적은 그리 크지 않다. 제르디결절에 부착하는 장골경골근막띠(iliotibial band)의 일부를 절제한다(Fig. 6C). 경골 절골을 진행하기 전에 비골 절골을 시행한다. 비골두를 일부 절제할 수도 있으나

비골신경 손상 가능성 때문에 비골 골간부 절골술 혹은 경비골 분리를 하는 편이 선호된다. 비골두 아래 15 cm에서 피부 절개를 가하고 주변 조직을 Hohmann retractor로 잘 보호한 뒤 oscillating saw로 절골한다. 비골 절골 이후 경골 절골을 진행한다. 관절면을 주사기 바늘로 확인 한 뒤 방사선 투시기하에서 관절면 2.0-2.5 cm 아래에서 S-pin을 관절면과 평행하게 삽입한다. 미리 계획한 골절제량을 표시하여 두 번째 S-pin을 경골 내측을 향해 비스듬히 삽입하고 예상 골 절제량을 다시 한 번 확인한다(Fig. 6D). 외측 폐쇄형 절골술은 정확한 양의 골 절제가 수술의 성패에 매우 중요하므로 이는 아무리 강조해도 지나치지 않다. 신경 혈관 손상은 드물지만 치명적인 합병증이므로 절골술을 하기 전 이에 대해 철저한 주의를 기울여야 한다. 절골술이 가해질 부위, 특히 경골 후면을 Cobbs elevator로 골막하 박리를 하도록 하며 Cobbs elevator 혹은 malleable retractor를 골 바로 뒤에 위치시켜 후면의 근육 및 신경 혈관구조를 보호하여야 한다. 또한 슬개건 뒷부



**Figure 6.** Intraoperative picture (see text for detailed description). (A) Transverse skin incision from tibial tuberosity to the fibular head. (B) Exposed fascia. (C) Subperiosteal stripping using an elevator. (D) Insertion of the guide pin under the c-arm. (E) Proximal wedge removal. (F) Distal wedge removal. (G) Application of gentle valgus force to make plastic deformation of the contralateral cortex. (H) Internal fixation.



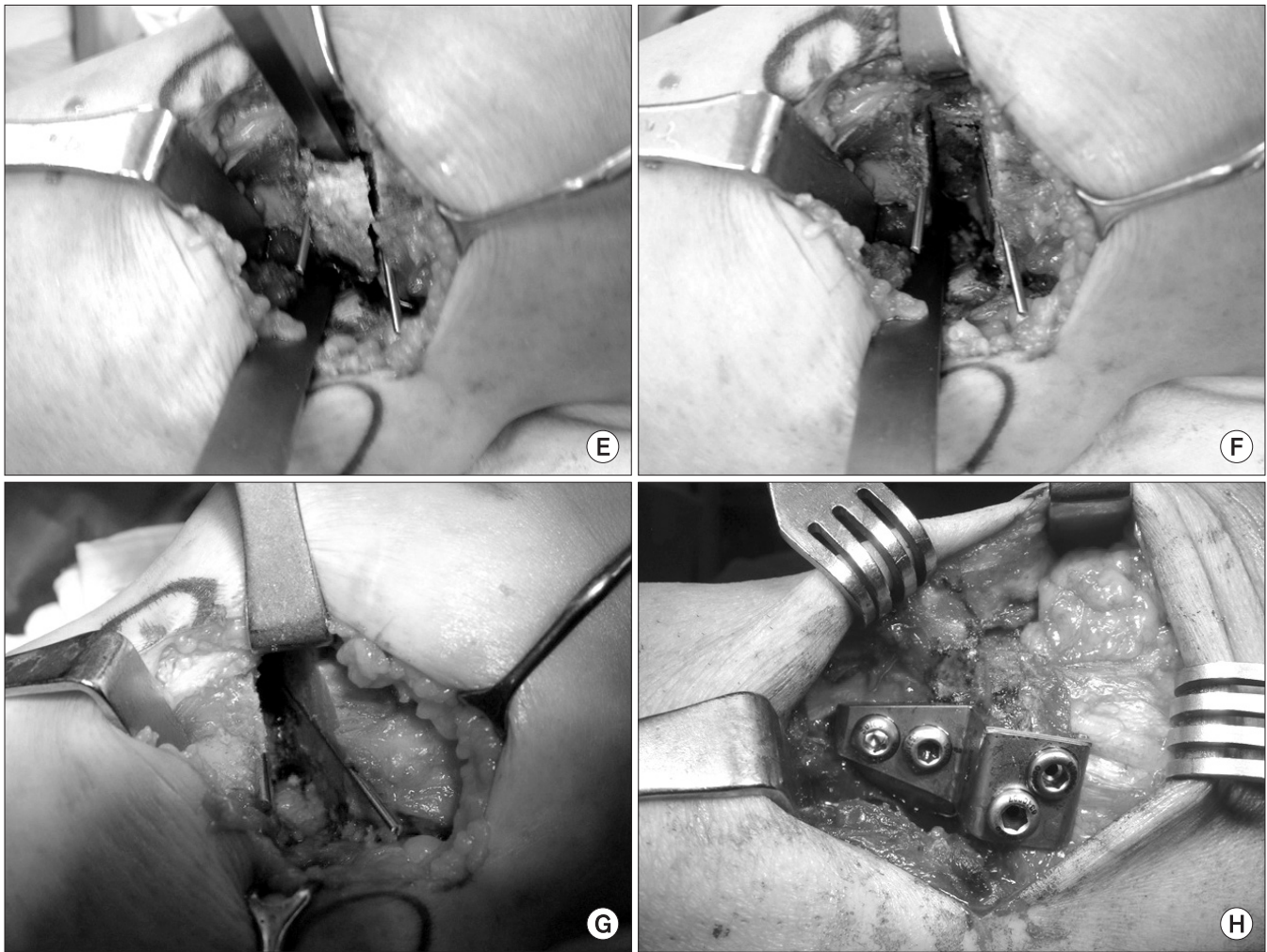


Figure 6. Continued.

분을 조심스럽게 박리하고 손상 받지 않도록 보호한다. 슬개건의 과도한 박리 시에 슬개골 하위가 올 가능성이 높아진다. 전통적으로 절골술 시 슬관절을 90도 굴곡하는 것이 슬와동맥을 절골부에서 멀리 한다고 여겨지지만 이는 잘못된 생각이며 오히려 완전 신전 시보다 더 가까워진다는 보고도 있다.<sup>46,47)</sup> 즉 동맥 손상의 방지를 위한 슬관절의 굴곡보다는 적절한 retractor의 위치, 경골 후면의 골막하 박리를 하는 것이 더욱 중요하며 술자가 편안한 자세를 유지할 수 있는 위치에서 절골술을 하는 것이 가장 좋다. 절골은 한번에 끝까지 하지 않고 박리한 부분에서 가까운 부분의 골을 먼저 oscillating saw로 제거한 뒤 시야가 확보되면 먼쪽의 골을 추가로 제거한다(Fig. 6E, 6F). 처음부터 완전 절골을 하지 않고 원위 피질골을 불완전 절골상태로 5-10 mm 가량 일부 남겨둔 채 서서히 외반력을 가하며 포복(creep) 현상을 이용하여 내측 피질골의 소성변형(plastic deformation)을 유도하는 것이 좋다(Fig. 6G). 이때 내측 피질골에 드릴로 구멍을 여러 개 만드는 것도 하나의 방법이다.<sup>37)</sup> 변형을 가할 때 무리한 외반력은 골절선의 전파로 관절 내 골절이나 예기치 않은 골절 양상을 만들 수 있어 주의

를 요한다. 정렬 상태를 방사선 투시기 혹은 컴퓨터 항법장치로 확인한다. 골이 1-2 mm 가량 목표보다 덜 절제되었거나 정렬 상태가 목표치에 미치지 못할 때 saw로 추가 절제한다면 목표보다 오히려 많은 부분이 절제될 수 있다. 이때 근위 절골면의 해면골을 curette로 일부 제거하면 원위 피질골이 1-2 mm 가량 근위부로 감입되어 이를 효과적으로 해결할 수 있다. 절골술 후 내고정 기구는 Stepped staple (Coventry staple) (Fig. 7A), Blade plate (Fig. 7B), L-plate (Fig. 7C), 나사고정 (Fig. 7D) 등이 있으며 외고정 장치 등도 가능하다. 이들은 크게 staple, 금속판, 외고정 장치로 나누어 볼 수 있으며 이 중 staple이 가장 널리 쓰인다. 금속판은 고정력이 우수하지만 연부조직 박리를 많이 해야 하는 단점이 있고 외고정 장치는 감염의 위험으로 잘 쓰이지 않는다. 하지만 staple은 고정력이 충분치 못해 통상 오랜 고정이 필요하므로 저자들은 이들을 보완한 RSP (Solco Biomedical, Seoul, Korea)를 사용한다 (Fig. 6H, 7E). RSP는 통상적인 금속판보다 경도(stiffness)가 우수하고 내반-외반 긴장검사에서 생역학적 우수함이 입증되었다.<sup>48)</sup> 수술 뒤 실패의 원인으로 부적절한 고정으로 인한 고정각의 소

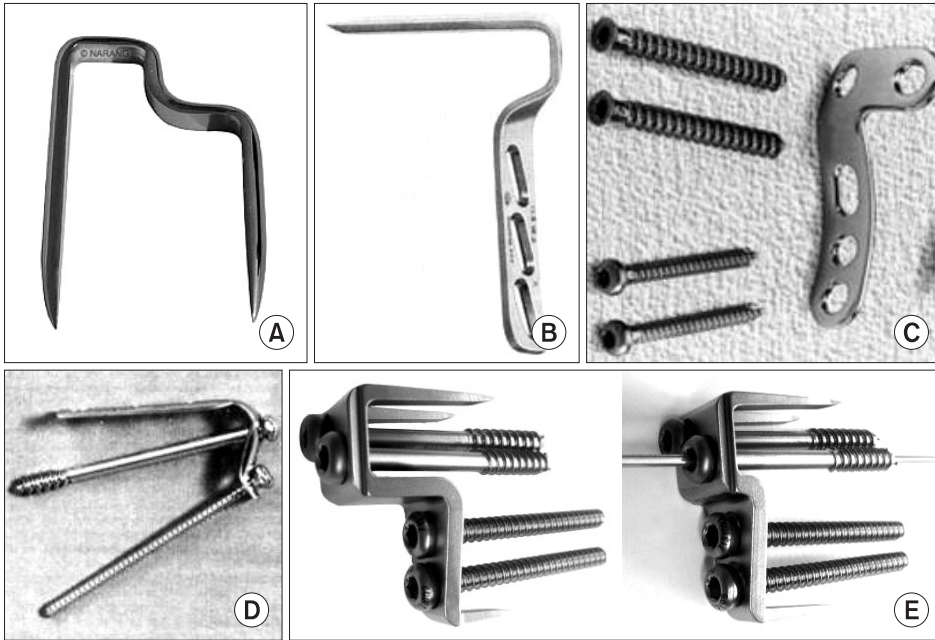


Figure 7. Fixation device for closing wedge osteotomy. (A) Stepped staple (Coventry staple). (B) Blade plate. (C) L-plate (condylar buttress plate). (D) Screw fixation. (E) Rigid stepped plate.

실, 불유합이 있으나 고정 기구의 발달로 부적절한 고정으로 인한 실패는 줄어들었다.<sup>49-52)</sup>

### 5. 수술 후 재활 방법

일부 문헌에 수술 후 즉시 continuous passive movement (CPM) 을 시행하도록 되어 있으나 우리나라는 심부정맥 혈전증의 빈도가 낮기 때문에 첫날은 장하지 석고 부목 후 안정을 취하고 다음 날부터 CPM을 시행하는 것이 나을 것으로 생각한다. 대퇴사두근 수축 운동 및 발목운동(ankle pumping exercise)을 지속적으로 시키며 하지를 거상하여 부종을 감소시키도록 한다. 배액관은 2일 내지 3일 사이에 제거하도록 하며 수술 2일 후 탈부착식 부목을 착용하고 발끝만 닫는 정도의 보행을 허용토록 한다. 보행 시에 목발을 사용하여야 하며 체중 부하는 점진적으로 수술 후 6주째까지 50%의 체중 부하를 허용하며 6주 이후에는 완전 체중 부하를 허용한다. 수술 후 초기에 무리한 관절운동은 과도한 부종을 일으킬 수 있어 수술 후 2주간은 120도까지 제한하며 이후 점진적으로 하도록 한다. 가벼운 운동은 3개월부터, 격렬한 운동(contact sports)은 완전한 골유합을 확인 후 허용하는데 보통 6개월 이후 가능하다. 운전은 보통 수술 후 6-10주 사이 근력 및 통증이 호전되어 반사기능이 정상인 경우에 허용하도록 한다.

### 6. 수술 후 결과

근위 경골 절골술은 Jackson이 관절염의 치료를 위해 사용할 수 있음을 처음 보고한 이후 여러 장기 추시 결과 보고가 있었다(Table 1).<sup>3,4,15,28,33,35,53-59)</sup> 현재까지 보고된 5년 추시 생존율은 80%-95% 10년 장기 추시 생존율은 60%-90% 정도이며 절골술 후 골유합이 이뤄진 경우 통증의 완전한 소실은 95%에서, forgotten knee

Table 1. Survival Rates in High Tibial Osteotomy Series

Study (yr)	n	10-year survival rate (%)
Billings et al. (2000) <sup>28)</sup>	64	53
Ritter and Fechtman (1988) <sup>56)</sup>	78	58
Majima et al. (2000) <sup>55)</sup>	48	61
Insall et al. (1984) <sup>3)</sup>	95	63
Coventry et al. (1993) <sup>15)</sup>	87	66
Cass and Bryan (1988) <sup>53)</sup>	86	69
Sprenger and Doerzbacher (2003) <sup>35)</sup>	66	74
Aglietti et al. (2003) <sup>33)</sup>	102	78
Naudie et al. (1999) <sup>4)</sup>	85	80
Rudan and Simurda (1991) <sup>57)</sup>	128	80
Hernigou and Ma (2001) <sup>54)</sup>	245	85
Schallberger et al. (2011) <sup>58)</sup>	54	92
Akizuki et al. (2008) <sup>59)</sup>	118	98

는 80%에서 얻을 수 있으며 관절운동범위는 수술 전과 거의 동일하게 얻을 수 있다. 수술 뒤 스포츠 활동도 가능하여 활동적인 환자에서 우선적으로 고려할 수 있다. Aglietti 등<sup>33)</sup>은 102예의 외측 폐쇄형 절골술 뒤 5년 추시상 96%에서, 10년 추시상 78%, 15년 추시상 57%의 생존율을 보고했다. 이 중 10년 뒤 1/3 가량에서 인공관절이 필요했으며 10년 뒤에도 좋은 결과를 보인 환자는 49%로 보고했다. 교정각이 외반 8도에서 15도인 경우, 근력이 좋으며 남자인 경우 좋은 결과를 보였다. 이에 저자들은 적절한 환자 선택을 통해 슬관절의 통증을 10년 가량은 조절할 수 있으나 영구적인 통증의 소실을 가져다 줄 수 없다 결론지었다. Billings 등<sup>28)</sup>은



64명의 환자에 대한 평균 8.5년 추사에서 2/3의 환자에서 좋은 결과를 얻었으며 인공 슬관절 치환술의 전환도 어렵지 않다 보고하였다. 저자들은 활동적인 생활유지를 원하는 환자에서 단단한 내 고정 및 초기 관절운동으로 최적의 결과를 얻을 수 있다 보고하였다. Cass와 Bryan<sup>53)</sup>은 86예의 연구에서 10년 생존율 69%를 보고하였으며 성별 및 나이와 수술 결과의 상관관계는 없으며 10도 이상의 외반 교정이 좋은 결과를 가져온다 주장했다. Akizuki 등<sup>59)</sup>은 132명의 환자를 대상으로 한 전향적 연구에서 97.6%의 높은 10년 생존율을 보여주었으며 아울러 좋은 임상 결과를 보고하였다. 이처럼 대부분의 연구에서 10년 생존율 60%~90% 정도 생존율을 보여주며 결과에 악영향을 미치는 인자들은 다음과 같다.<sup>4,8,9)</sup> 1) 외측 관절간격의 소실, 2) 경골의 외측 아탈구가 1 cm 이상, 3) 내측 경골 골소실 2~3 mm 이상, 4) 굴곡 구축 15도 이상, 5) 후속굴곡 90도 미만, 6) 교정각이 20도 이상 필요한 경우, 7) 염증성 관절염인 경우(류마티오이드성 관절염, 통풍성 관절염 등), 8) 말초혈관 질환이 동반되는 경우, 9) 나이가 고령인 경우, 10) 과거 관절경 수술을 시행한 경우. 체질량지수(body mass index, BMI)와 술 후 결과의 관계에 대해서는 이견이 있다.<sup>4,15,34,59,60)</sup> Naudie 등<sup>4)</sup>은 저체중 환자(BMI < 25 kg/m<sup>2</sup>)에서 초기 실패의 비율이 많았으며 이는 저체중 환자의 활동이 더 활발하기 때문이라 주장하였다. Matthews 등<sup>34)</sup>도 과체중 환자에서 단기 추시 결과가 좋다 하였다. Coventry 등<sup>15)</sup>은 과체중인 환자(ideal body weight보다 30% 이상일 경우)에서, Akizuki 등<sup>59)</sup>은 과체중 환자(BMI > 27.5 kg/m<sup>2</sup>)에서 초기 실패가 많다 하였다. 좋은 결과를 기대할 수 있는 경우는 1) 60세 이하의 비교적 젊은 환자, 2) 내측부 관절염만 있는 경우, 3) 슬관절 불안정성이 없는 경우, 4) 수술 전 관절운동범위가 90도 이상인 경우, 5) 내반 변형이 10도 미만인 경우, 6) 초기 관절염인 경우이다. 내측 개방형 절골술과 외측 폐쇄형 절골술의 단기 추시 결과는 비슷한 것으로 보이며 고정물에 의한 환자의 불편감이 적었다.<sup>61)</sup> 이상의 문헌들을 종합해보면 불유합의 위험인자를 가지는 경우(흡연, 스테로이드의 사용, 당뇨 등), 슬개골 하위가 있는 경우, 골 이식을 원치 않는 환자, 십자인대 수술과 절골술이 동시에 필요한 환자는 외측 폐쇄형 절골술이 내측 개방형 절골술보다 더 이상적이라 하겠다. 두 가지 술식의 직접 비교는 추후 좀 더 정교한 연구에 의한 장기추시가 필요하다.

## 결론

외측 폐쇄형 근위 경골 절골술은 내측 관절염으로 통증을 호소하는 환자에서 효과적인 치료 방법 중 하나로 자기 관절을 살리며 통증의 경감을 얻을 수 있는 좋은 치료방법이다. 내측부 관절염으로 통증을 호소하며 불안정성 및 관절운동범위가 정상인 60세 미만의 환자에서 시행할 경우 최적의 효과를 기대할 수 있으며 평균 10년 생존율은 60%~90%를 기대할 수 있다. 외측 폐쇄형 절

골술은 50년 이상 널리 사용된 수술 방법으로 높은 골유합 및 골 이식이 필요하지 않은 장점이 있고 경골 경사각의 증가가 없으며 단단한 내 고정 및 초기 운동을 할 경우 슬개골 하위가 발생하지 않는다. 수술시 발생할 수 있는 합병증을 숙지하고 발생하지 않도록 주의를 기울여야 하며 수술의 장점과 한계점을 파악하여 적절한 환자에게 시행한다면 관절염 환자의 통증 경감에 많은 도움이 될 것이다.

## REFERENCES

1. Yasuda K, Majima T, Tsuchida T, Kaneda K. A ten- to 15-year follow-up observation of high tibial osteotomy in medial compartment osteoarthritis. Clin Orthop Relat Res. 1992;282:186-95.
2. Bauer GC, Insall J, Koshino T. Tibial osteotomy in gonarthrosis (osteo-arthritis of the knee). J Bone Joint Surg Am. 1969;51:1545-63.
3. Insall JN, Joseph DM, Msika C. High tibial osteotomy for varus gonarthrosis. A long-term follow-up study. J Bone Joint Surg Am. 1984;66:1040-8.
4. Naudie D, Bourne RB, Rorabeck CH, Bourne TJ. The Install Award. Survivorship of the high tibial valgus osteotomy. A 10- to -22-year followup study. Clin Orthop Relat Res. 1999;367:18-27.
5. Coventry MB. Osteotomy of the upper portion of the tibia for degenerative arthritis of the knee. A preliminary report. J Bone Joint Surg Am. 1965;47:984-90.
6. Rossi R, Bonasia DE, Amendola A. The role of high tibial osteotomy in the varus knee. J Am Acad Orthop Surg. 2011;19:590-9.
7. Lee DC, Byun SJ. High tibial osteotomy. Knee Surg Relat Res. 2012;24:61-9.
8. Aglietti P, Rinonapoli E, Stringa G, Taviani A. Tibial osteotomy for the varus osteoarthritic knee. Clin Orthop Relat Res. 1983;176:239-51.
9. Rudan JF, Simurda MA. High tibial osteotomy. A prospective clinical and roentgenographic review. Clin Orthop Relat Res. 1990;255:251-6.
10. Dugdale TW, Noyes FR, Styer D. Preoperative planning for high tibial osteotomy. The effect of lateral tibiofemoral separation and tibiofemoral length. Clin Orthop Relat Res. 1992;274:248-64.
11. Marti CB, Gautier E, Wachtel SW, Jakob RP. Accuracy of frontal and sagittal plane correction in open-wedge high tibial

- osteotomy. *Arthroscopy*. 2004;20:366-72.
12. Ryan PJ. Bone SPECT of the knees. *Nucl Med Commun*. 2000;21:877-85.
13. Kettelkamp DB, Wenger DR, Chao EY, Thompson C. Results of proximal tibial osteotomy. The effects of tibiofemoral angle, stance-phase flexion-extension, and medial-plateau force. *J Bone Joint Surg Am*. 1976;58:952-60.
14. Hsu RW, Himeno S, Coventry MB, Chao EY. Normal axial alignment of the lower extremity and load-bearing distribution at the knee. *Clin Orthop Relat Res*. 1990;255:215-27.
15. Coventry MB, Ilstrup DM, Wallrichs SL. Proximal tibial osteotomy. A critical long-term study of eighty-seven cases. *J Bone Joint Surg Am*. 1993;75:196-201.
16. Myrner R. Optimal correction in high tibial osteotomy for varus deformity. *Acta Orthop Scand*. 1980;51:689-94.
17. Hernigou P, Medevielle D, Debeyre J, Goutallier D. Proximal tibial osteotomy for osteoarthritis with varus deformity. A ten to thirteen-year follow-up study. *J Bone Joint Surg Am*. 1987;69:332-54.
18. Fujisawa Y, Masuhara K, Shiomi S. The effect of high tibial osteotomy on osteoarthritis of the knee. An arthroscopic study of 54 knee joints. *Orthop Clin North Am*. 1979;10:585-608.
19. Ogata K, Yoshii I, Kawamura H, Miura H, Arizono T, Sugioka Y. Standing radiographs cannot determine the correction in high tibial osteotomy. *J Bone Joint Surg Br*. 1991;73:927-31.
20. Prodromos CC, Andriacchi TP, Galante JO. A relationship between gait and clinical changes following high tibial osteotomy. *J Bone Joint Surg Am*. 1985;67:1188-94.
21. Naudie DD, Amendola A, Fowler PJ. Opening wedge high tibial osteotomy for symptomatic hyperextension-varus thrust. *Am J Sports Med*. 2004;32:60-70.
22. Windsor RE, Insall JN, Vince KG. Technical considerations of total knee arthroplasty after proximal tibial osteotomy. *J Bone Joint Surg Am*. 1988;70:547-55.
23. Giffin JR, Vogrin TM, Zantop T, Woo SL, Harner CD. Effects of increasing tibial slope on the biomechanics of the knee. *Am J Sports Med*. 2004;32:376-82.
24. Lerat JL, Moyen B, Garin C, Mandrino A, Besse JL, Brunet-Guedj E. Anterior laxity and internal arthritis of the knee. Results of the reconstruction of the anterior cruciate ligament associated with tibial osteotomy. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*. 1993;79:365-74.
25. El-Azab H, Glabgly P, Paul J, Imhoff AB, Hinterwimmer S. Patellar height and posterior tibial slope after open- and closed-wedge high tibial osteotomy: a radiological study on 100 patients. *Am J Sports Med*. 2010;38:323-9.
26. Wright JM, Heavrin B, Begg M, Sakyr G, Sterett W. Observations on patellar height following opening wedge proximal tibial osteotomy. *Am J Knee Surg*. 2001;14:163-73.
27. Westrich GH, Peters LE, Haas SB, Buly RL, Windsor RE. Patella height after high tibial osteotomy with internal fixation and early motion. *Clin Orthop Relat Res*. 1998;354:169-74.
28. Billings A, Scott DF, Camargo MP, Hofmann AA. High tibial osteotomy with a calibrated osteotomy guide, rigid internal fixation, and early motion. Long-term follow-up. *J Bone Joint Surg Am*. 2000;82:70-9.
29. Bae DK, Song SJ, Yoon KH. Total knee arthroplasty following closed wedge high tibial osteotomy. *Int Orthop*. 2010;34:283-7.
30. Gibson MJ, Barnes MR, Allen MJ, Chan RN. Weakness of foot dorsiflexion and changes in compartment pressures after tibial osteotomy. *J Bone Joint Surg Br*. 1986;68:471-5.
31. Marti CB, Jakob RP. Accumulation of irrigation fluid in the calf as a complication during high tibial osteotomy combined with simultaneous arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*. 1999;15:864-6.
32. Bettin D, Karbowski A, Schwering L, Matthiass HH. Time-dependent clinical and roentgenographical results of Coventry high tibial valgisation osteotomy. *Arch Orthop Trauma Surg*. 1998;117:53-7.
33. Aglietti P, Buzzi R, Vena LM, Baldini A, Mondaini A. High tibial valgus osteotomy for medial gonarthrosis: a 10- to 21-year study. *J Knee Surg*. 2003;16:21-6.
34. Matthews LS, Goldstein SA, Malvitz TA, Katz BP, Kaufer H. Proximal tibial osteotomy. Factors that influence the duration of satisfactory function. *Clin Orthop Relat Res*. 1988;229:193-200.
35. Sprenger TR, Doerzbacher JF. Tibial osteotomy for the treatment of varus gonarthrosis. Survival and failure analysis to twenty-two years. *J Bone Joint Surg Am*. 2003;85:469-74.
36. Parker DA, Viskontas DG. Osteotomy for the early varus arthritic knee. *Sports Med Arthrosc*. 2007;15:3-14.
37. Kessler OC, Jacob HA, Romero J. Avoidance of medial cortical fracture in high tibial osteotomy: improved technique. *Clin Orthop Relat Res*. 2002;395:180-5.
38. Tunggal JA, Higgins GA, Waddell JP. Complications of closing wedge high tibial osteotomy. *Int Orthop*. 2010;34:255-61.
39. Vainionpää S, Läike E, Kirves P, Tiusanen P. Tibial osteotomy

- for osteoarthritis of the knee. A five to ten-year follow-up study. *J Bone Joint Surg Am.* 1981;63:938-46.
40. Wootton JR, Ashworth MJ, MacLaren CA. Neurological complications of high tibial osteotomy--the fibular osteotomy as a causative factor: a clinical and anatomical study. *Ann R Coll Surg Engl.* 1995;77:31-4.
  41. Ivarsson I, Myrnerets R, Gillquist J. High tibial osteotomy for medial osteoarthritis of the knee. A 5 to 7 and 11 year follow-up. *J Bone Joint Surg Br.* 1990;72:238-44.
  42. Bauer T, Hardy P, Lemoine J, Finlayson DF, Tranier S, Lortat-Jacob A. Drop foot after high tibial osteotomy: a prospective study of aetiological factors. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2005;13:23-33.
  43. Kirgis A, Albrecht S. Palsy of the deep peroneal nerve after proximal tibial osteotomy. An anatomical study. *J Bone Joint Surg Am.* 1992;74:1180-5.
  44. van Raaij TM, Brouwer RW, de Vlieger R, Reijman M, Verhaar JA. Opposite cortical fracture in high tibial osteotomy: lateral closing compared to the medial opening-wedge technique. *Acta Orthop.* 2008;79:508-14.
  45. Pape D, Adam F, Rupp S, Seil R, Kohn D. Stability, bone healing and loss of correction after valgus realignment of the tibial head. A roentgen stereometry analysis. *Orthopade.* 2004;33:208-17.
  46. Zaidi SH, Cobb AG, Bentley G. Danger to the popliteal artery in high tibial osteotomy. *J Bone Joint Surg Br.* 1995;77:384-6.
  47. Smith PN, Gelinas J, Kennedy K, Thain L, Rorabeck CH, Bourne RB. Popliteal vessels in knee surgery. A magnetic resonance imaging study. *Clin Orthop Relat Res.* 1999;367:158-64.
  48. Yoo JH, Seong SC, Lee S, et al. Rigid stepped plate for internal fixation for high tibial osteotomy. *Orthopedics.* 2009;32.
  49. W-Dahl A, Toksvig-Larsen S. Cigarette smoking delays bone healing: a prospective study of 200 patients operated on by the hemicallotaxis technique. *Acta Orthop Scand.* 2004;75:347-51.
  50. Myrnerets R. Failure of the correction of varus deformity obtained by high tibial osteotomy. *Acta Orthop Scand.* 1980;51:569-73.
  51. Miniaci A, Ballmer FT, Ballmer PM, Jakob RP. Proximal tibial osteotomy. A new fixation device. *Clin Orthop Relat Res.* 1989;246:250-9.
  52. Gautier E, Thomann BW, Brantschen R, Jakob RP. Fixation of high tibial osteotomy with the AO cannulated knee plate. *Acta Orthop Scand.* 1999;70:397-9.
  53. Cass JR, Bryan RS. High tibial osteotomy. *Clin Orthop Relat Res.* 1988;230:196-9.
  54. Hernigou P, Ma W. Open wedge tibial osteotomy with acrylic bone cement as bone substitute. *Knee.* 2001;8:103-10.
  55. Majima T, Yasuda K, Katsuragi R, Kaneda K. Progression of joint arthrosis 10 to 15 years after high tibial osteotomy. *Clin Orthop Relat Res.* 2000;381:177-84.
  56. Ritter MA, Fechtman RA. Proximal tibial osteotomy. A survivorship analysis. *J Arthroplasty.* 1988;3:309-11.
  57. Rudan JF, Simurda MA. Valgus high tibial osteotomy. A long-term follow-up study. *Clin Orthop Relat Res.* 1991;268:157-60.
  58. Schallberger A, Jacobi M, Wahl P, Maestretti G, Jakob RP. High tibial valgus osteotomy in unicompartmental medial osteoarthritis of the knee: a retrospective follow-up study over 13-21 years. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2011;19:122-7.
  59. Akizuki S, Shibakawa A, Takizawa T, Yamazaki I, Horiuchi H. The long-term outcome of high tibial osteotomy: a ten- to 20-year follow-up. *J Bone Joint Surg Br.* 2008;90:592-6.
  60. Amendola A, Bonasia DE. Results of high tibial osteotomy: review of the literature. *Int Orthop.* 2010;34:155-60.
  61. Brouwer RW, Bierma-Zeinstra SM, van Raaij TM, Verhaar JA. Osteotomy for medial compartment arthritis of the knee using a closing wedge or an opening wedge controlled by a Puddu plate. A one-year randomised, controlled study. *J Bone Joint Surg Br.* 2006;88:1454-9.



## 슬관절 퇴행성 관절염에서의 절골술

## 슬관절 관절염에 대한 외측 폐쇄 경골 절골술

노두현 • 이상훈 • 성상철 • 이명철<sup>✉</sup>

서울대학교 의과대학 정형외과학교실

경골 근위부 절골술은 내반 혹은 외반 변형을 동반한 슬관절 골관절염에서 널리 사용되는 수술적 치료 방법 중 하나로 외측 폐쇄형 절골술, 내측 개방형 절골술, 돔형 절골술, medial opening hemicallotasis가 있으며 이 중 외측 폐쇄형 절골술과 내측 개방형 절골술이 가장 널리 쓰인다. 수술의 목적은 슬관절의 내반 변형을 외반으로 바꾸어 내측 구획에 가해지는 과도한 압력을 줄여주는 데 있다. 환자 본인의 관절을 살리며 통증의 경감을 얻을 수 있는 효과적인 치료 방법으로 신중한 환자 선택과 철저한 수술 전 계획이 필수적이다. 본 종설에서는 환자 선택에서부터 수술 전 검사 및 계획, 외측 폐쇄형 절골술의 방법 및 주의할 점, 수술의 합병증, 절골술 이후 발생하는 경골 경사각의 변화, 슬개 인대의 변화, 보행의 변화를 살펴보고 그간 보고된 장기 추시 결과를 고찰해 본다. 수술의 장점과 한계점을 파악하여 적절한 환자에게 시행한다면 관절염 환자의 통증 경감에 많은 도움이 될 것이다.

**색인단어:** 절골술, 근위 경골 절골술, 외측 폐쇄형 절골술, 관절염

접수일 2013년 7월 25일 수정일 2013년 8월 13일 게재확정일 2013년 8월 28일

<sup>✉</sup>책임저자 이명철

서울시 종로구 대학로 101, 서울대학교병원 정형외과

TEL 02-2072-2368, FAX 02-2764-2718, E-mail leemo@snu.ac.kr