

Osteotomy for Osteoarthritis of the Knee

내측 개방형 경골 근위부 절골술의 치료 원칙과 최신 지견

신영수 • 이대희 • 이순혁 • 김묘중 • 한승범[✉]

고려대학교 의과대학 안암병원 정형외과학교실

Basic Principles and Current Trends of Medial Opening-Wedge High Tibial Osteotomy

Young-Soo Shin, M.D., Dae-Hee Lee, M.D., Soon-Hyuck Lee, M.D.,
Myo-Jong Kim, M.D., and Seung-Beom Han, M.D.[✉]

Department of Orthopaedic Surgery, Korea University Anam Hospital, Korea University College of Medicine, Seoul, Korea

High tibial osteotomy (HTO) is a popular surgical procedure for osteoarthritis of the knee with varus deformity. In general, HTO has shown sufficient clinical outcomes with careful patient selection and correct surgical technique. Among various surgical techniques, medial opening-wedge and lateral closing-wedge HTO are widely used. This report includes basic principles and current trends in patient selection and preoperative evaluations and planning, operative technique, complications, and rehabilitation protocol in medial opening-wedge HTO.

Key words: knee, osteoarthritis, high tibial osteotomy, medial opening-wedge

서 론

절골술은 19세기부터 마취기술과 수혈, 무균설비, 영상장비의 진보와 함께 발전하였다. 과거에는 심한 외반슬, 외상 후 변형, 구루병이나 그 외 힘 변형 같은 질환이 적응이 되었으나 현재는 단일 구획 슬관절 골관절염의 치료에 주로 이용되고 있다. Coventry¹⁾는 경골용기 근위부에서 비골 절골을 포함하는 폐쇄 췌기형 외반 절골술을 시행하였고 이는 가장 널리 알려져 왔던 술기이기도 하다. 내측 개방형 경골 근위부 절골술은 1931년 Lexer²⁾와 1935년 Brett³⁾에 의해 처음 기술되었고, 프랑스에서는 1961년 Debeyre와 Patte⁴⁾가 내측 개방형 경골 근위부 절골술에 대해 처음으로 기

술하였다. 그러나 1970년대까지 슬관절 주변 절골술의 안정적인 고정방법은 골이식을 통한 방법 이외에 표준화되지 않았다. 이후 절골부를 고정할 수 있는 금속판이 발달하면서 최근에 특히 젊은 환자를 중심으로 절골술이 시행되고 있는데 안정성이 높은 잠김 금속판이 사용되면서 내측 개방형 경골 근위부 절골술이 가능해졌다. 현재 개방성 췌기형 절골술은 폐쇄성 절골술에 비해 수술이 쉬우면서도 더 정확하고 빠르게 비골신경 손상의 위험 없이 시행할 수 있는 술기로 비골 절골이나 하지 길이의 단축 등을 피할 수 있는 이점이 있다.⁵⁾ 본 종설에서는 슬관절 내측 구획 병변에 시행하는 내측 개방형 절골술에 있어서 환자의 선택 및 수술 전 검사와 계획, 수술의 술기, 합병증, 재활의 치료 원칙과 최신 지견에 대해 살펴보고자 한다.

Received October 10, 2013 Revised December 5, 2013

Accepted January 7, 2014

✉Correspondence to: Seung-Beom Han, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Korea University Anam Hospital, 73 Incheon-ro, Seongbuk-gu, Seoul 136-705, Korea

TEL: +82-2-920-5692 FAX: +82-2-924-2471 E-mail: oshan@korea.ac.kr

본 론

1. 환자의 선택

슬관절의 단일 구획 슬관절 골관절염은 모든 연령대에서 흔한 질환으로, 수많은 치료 방법이 있고 환자가 젊을수록 만족스러운 결과를 기대할 수 있다. 수술 방법에는 근위 경골 절골술과 슬관절 부분치환술 및 슬관절 전치환술 등이 있는데 수술 방법의 선택을 위해서는 환자 선택이 중요하다. 이상적인 근위 경골 절골술의 적응증으로는 65세 이하의 남자, 경골 간단부의 내반변형, 온전한 슬관절 외측 구획 및 정상 관절운동 범위를 가진 환자로 요약할 수 있으며,⁶ 근위 경골 절골술의 적절한 환자 선택을 위해서는 아래 기술할 인자들에 대한 고려가 필요하다. 이외에도 환자는 약 6주 이상 목발을 짚고 다닐 수 있을 정도의 충분한 근력 및 의지가 필요하며 염증성 관절염이 있는 경우는 피해야 한다.

1) 관절염 병기

근위 경골 절골술은 슬관절에 부하되는 무게 중심을 외측으로 옮기는 수술로 연골손상이 내측에 국한되어 있을 때 술 후 좋은 결과를 기대할 수 있지만 심한 골 관절염(Kellgren-Lawrence grade IV)에서는 결과가 만족스럽지 않다. 이미 4기까지 관절염이 진행되었을 경우 수술 후에도 내측에 통증이 지속될 수 있다.⁷ 또한 내측에 심한 골결손이 동반되고 외측 구획으로 경사각이 난 Pagoda형 경골에서는 정확한 교정각을 찾기 어렵고 실패하는 경우가 많기 때문에 인공관절 부분 치환술이 선호된다.⁸ 단순 방사선 체중 부하 사진과 내반 및 외반 stress view를 통해 관절염의 병기를 평가하고, 자기공명영상은 연골손상을 진단하는 데 민감도 및 특이도가 낮긴 하지만 단일 구획 관절염의 환자에게 있어 동반된 다른 질환을 확인하고 외측 연골판의 손상여부를 평가하기 위해 시행한다.⁹

2) 대퇴슬개관절

내측 슬관절 통증을 호소하는 많은 환자들이 일부 대퇴슬개관절에도 관절염 소견을 보이는데 임상적으로 주증상의 원인이 내측 구획 골관절염이 확실하다면 대퇴슬개관절의 관절염이 있더라도 인공 슬관절 전치환술에 앞서 근위 경골 절골술을 고려할 수 있다. 다만, 환자에게 주 통증은 경감되어도 계단을 오르내릴 때는 통증이 남을 수 있다는 것을 알려주어야 한다. 내측 개방형 경골 근위부 절골술 시 전방 절골면의 경사각을 하방으로 향하게 하여 modified biplanar technique을 이용하면 osteotomy gap 안에서 전위가 덜 일어나게 되고 이로 인해 축방향 강성의 손실이 적어 슬개골의 하방전위와 대퇴슬개관절의 압력 상승을 피할 수 있다.^{10,11)}

3) 인대 상태

슬관절이 불안정한 환자에게 근위 경골 절골술을 시행하기 위해

서는 인대 상태에 대한 고려가 필요하다. 후방 경골 경사의 변화는 이론적으로 굴곡구축/과신전 여부 및 전후방 십자인대의 상태에 따라 술 전 계획 및 술 후 결과에 영향을 미칠 수 있다. 즉 내측 개방형 경골 근위부 절골술에 의한 후방 경골 경사의 증가는 과신전의 감소(혹은 굴곡 구축의 증가) 효과가 있으며, 후방 불안정성의 감소(혹은 전방 불안정성의 증가)의 효과를 가져올 수 있고, 외측 폐쇄형 경골 근위부 절골술에 의한 후방 경골 경사의 감소는 반대의 효과를 가져올 수 있다. 또한 최근에는 osteotomy gap을 이용하여 후방 경골 경사를 기술적으로 조절하기도 한다. 내측 개방형 경골 근위부 절골술의 유일한 금기는 내측 측부 인대(medial collateral ligament, MCL)의 심각한 결손으로 이차적인 인대성 외반의 위험이 있을 때인데 이는 아주 드물다. 만약 외측부에 골관절염이 의심된다면 stress X-ray가 필요하고, 체중 부하 압력을 가했을 때 외측 간격이 소실된다면 내측 개방형 경골 근위부 절골술뿐만 아니라 인공관절 부분치환술도 금기이므로 65세 이상 고령의 환자에서는 인공관절 전치환술을 고려해 볼 수 있다.

4) 변형의 종류

내측 반월상 연골판 절제나 마모 및 경골 근위부의 골변형(골간단 내반)과 외측 측부 인대(lateral collateral ligament) 손상으로 인해 슬관절의 내반 변형과 내측 구획의 과부하가 발생할 수 있다. 이 중에서 골의 변형으로 인한 내반 변형이 가장 확실한 절골술의 적응증이 된다. 하지만 경골 근위부의 골변형이 없는 경우, 절골술로 역학적 축을 교정할 수 있으나 새로운 변형(골간단 외반)과 관절면의 기울기 변화를 유발하고 이로 인해 새로운 통증이 생기며 새로운 변형에 대한 재수술 비율이 높아진다.¹²⁾ 그러므로 슬관절의 내반 변형 시에 변형의 원인을 파악하는 것이 중요하며 경골 골간단 부위의 내반 변형이 있을 때에는 절골술을 더 고려할 수 있다.

5) 비만

체중과 골 관절염 발생에 대한 논쟁은 아직까지 진행 중이며 보통 비만 환자의 경우 슬관절에 더욱 부하가 가해진다. 하지만 비만과 절골술, 부분치환술, 혹은 전치환술 간의 관계는 확실하지 않다.⁷⁾ 최근의 고정용 금속판은 안정성이 높아 저자의 경험으로는 과체중이 직접적 원인이 되는 내고정 실패는 발생하지 않았다.

6) 나이

경골의 내반변형은 근위 경골 절골술로 교정할 수 있으며 성장판이 열려 있어도 나이 제한이 없이 시행할 수 있고, 젊은 환자의 경우 관절염이 없어도 기계적 축을 경골극으로 지나가게 하여 무게 중심을 교정할 수 있다. 절골술의 경우 65세 이하의 환자에서 적응증으로 하고 있으며 대체로 성공적인 결과를 보여주고 있는데, 이에 대해서는 실제 나이보다는 생리학적 나이를 고려하는 것이

중요한 것으로 보이고 남자는 70세, 여자는 65세까지 연장 가능한 것으로 생각된다.

7) 활동성

단일 구획 골관절염이 있는 환자에서 경골 근위부 절골술은 수술 후 가장 높은 정도의 활동을 보장해 준다. 하지만 과격한 운동을 할 때는 통증이 완전히 없어지지 않을 수 있음을 알고 있어야 한다. 이와는 달리 관절 치환술의 경우는 중간 정도의 활동이 가능하며 활동이 높은 환자에서는 치환물의 수명이 짧아 재수술률이 높아질 수 있다.¹²⁾

8) 관절운동 범위

근위 경골 절골술 후 완전 신전이 가능하다는 것은 술 후 좋은 결과를 뜻한다. 많은 골관절염을 가지고 있는 환자들은 굴곡구축이 있으며 절골술을 통해 10° 이하의 굴곡구축은 교정할 수 있지만 10° 이상의 굴곡구축이 있는 경우는 근위 경골 절골술 후 후방 경골 경사의 변화로 전후방 십자인대에 나쁜 영향을 미쳐 만족할 만한 수술 결과를 기대하기 어렵다.

2. 수술 전 계획

교정의 과소 혹은 과다를 피하기 위해서는 신중한 수술 전 계획이 필요하다. 골절 가관절증 혹은 골연화증에 의한 장골의 거시적인 각변형이 없는 경우 다음과 같이 계획할 수 있다.

1) 방사선 검사

방사선적 평가는 슬관절을 완전 신전 상태에서 하지의 정렬을 평가하기 위해 장하지 체중 부하 전후방 촬영을 포함하여야 하며, 관절염 정도를 파악하기 위해 양측성 체중 부하 전후방 촬영 및 45° 굴곡 시 양측성 체중 부하 촬영(Rosenberg view)과 진성 외측 및 skyline view를 시행하여야 한다.⁵⁾ 계획은 고관절 및 족관절

을 포함한 장하지 체중 부하 전후방 방사선에 기초하게 된다. 임상적으로 고관절과 족관절의 중심을 동시에 촬영할 수 없는 경우 노출된 원위 대퇴골의 부분 및 근위 경골의 부분은 가능한 한 길게 한다. 이때 하지의 정렬이 중요하며 일반적으로 양하지 체중 부하된 상태로 발의 위치는 약간 내회전, 슬개골은 대퇴골과의 중심에 위치해야 하고 전후방 촬영에서 전방을 향해야 한다.

2) 내반각 평가의 도형적 방법

기존의 고식적인 방법은 C-arm을 보면서 수술 시에 케이블 선 등을 이용하여 측정하거나 최근에 navigation method를 이용하여 절골술 후 62% line에 위치하는 방법을 사용하나 이것은 비체중 부하 시스템으로 실제 상황을 반영하지 못한다. 따라서 체중 부하 전장사진을 찍어 100%로 프린트하면 실제 체중 부하의 상황과 같은 도면을 얻을 수 있다. 그 후 가위로 실제 가상선의 절골술 부위를 자르고 체중 부하선 62%에 위치시킨 뒤 내측 공간을 ruler로 측정하여 얼마나 벌릴 것인지를 미리 측정한다(Fig. 1)⁵⁾.

3) 고위 경골 절골술의 목표

내반 슬관절 변형의 추천되는 최적의 교정 및 수술 전 계획 방법은 저자에 따라 다양하다. Coventry¹³⁾는 내반 정렬을 고위 경골 절골술의 회귀분석에 기초하여 해부학적 대퇴경골각을 8° 외반으로 과교정할 것을 주장하였고, Hernigou¹⁴⁾는 역학적 축을 3°-6° 외반으로 교정할 것을 주장하였다. 3° 미만 혹은 6° 초과 교정각은 나쁜 임상적 결과를 보였다. 최근에 Pape 등¹⁵⁾은 체중 부하선에 기초한 각변형 교정을 제시하였으며, 그들은 수술 후 체중 부하선이 근위 경골의 전후면에서 경골 너비의 62%-66%되는 점을 지나도록 할 것을 주장했다. 이 점은 정상 슬관절의 외측 경골극의 외측 경사부를 지나며, 이때 역학적 축은 3°-5°를 만든다. 체중 부하선은 Fujisawa 등¹⁶⁾에 의한 연구에 기초하고, 그는 체중 부하선이 적절한 점을 지나면 연골의 퇴행을 막을 수 있다고 하였으며

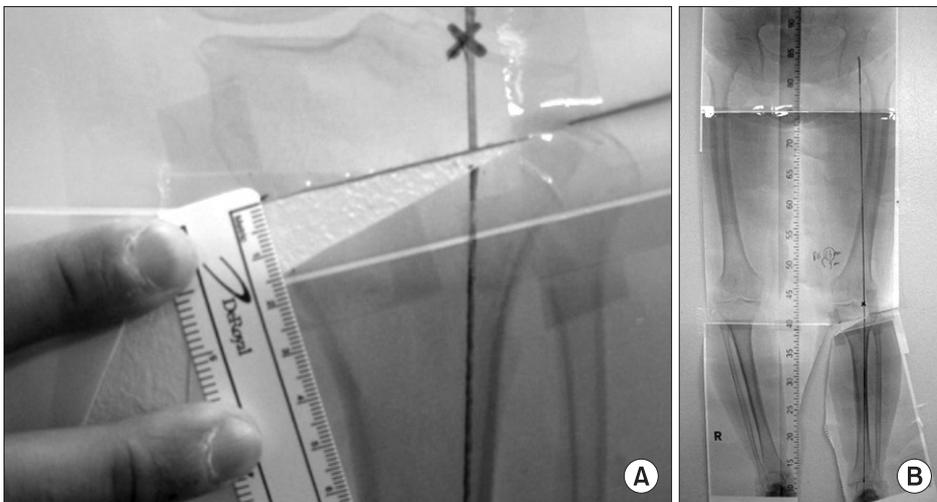


Figure 1. Scanography measurement method. A template was cut through the osteotomy site and the tibia was rotated until the weight-bearing line passed through the 62% coordinate.



Figure 2. Bilateral weight bearing anteroposterior whole lower limb X-ray in full extension for planning an open wedge high tibial osteotomy. (A) Method by Miniaci (Line 1 represents the planned weight bearing line for the postoperative correction extending from the center of the hip through a coordinate 60%–70% of the tibial plateau width past the ankle. Line 2 connects the osteotomy hinge point with the center of the ankle. Line 3 connects the osteotomy hinge point with the arc intersection of line 1. The angle formed by lines 2 and 3 is the planned correction angle (x)). (B) Method by Dugdale and Noyes (Line 1 is drawn from the center of the femoral head to the 62.5% of the tibial width. Line 2 is drawn from the center of the tibiotalar joint to the 62.5% coordinate. The angle formed by these two lines is the correction angle (x)). (C) Method by Coventry.

경골 고평부 외측 너비의 30%–40% 위치를 최적의 위치로 하여 두 부분으로 나누었다. Miniaci 등¹⁷⁾ (경골 고평부의 60%–70%)과 Dugdale 등¹⁸⁾ (경골 고평부의 62%)는 경골 전체의 너비를 100%로 보고 계산하였으며 Fujisawa 등¹⁶⁾가 언급한 위치와 일치한다.

4) 관상면에서 술 전 계획

(1) Miniaci method (Fig. 2A): Line 1은 계획된 체중 부하선으로 수술 후 교정선이 고관절 중심에서부터 경골 고위면의 60%–70%를 지나며 족관절까지 지나게 그린다. Line 2는 절골술의 hinge point에서부터 족관절의 중심을 연결한다. Line 3는 절골술의 hinge point와 Line 1을 교차하는 연결선이다. 이때 주의해야 할 점은 Line 2와 Line 3의 길이가 동일해야 한다는 것이다. 만약 같지 않을 경우 미세하게 각도의 차이가 일어날 수 있다. Line 2와 Line 3 사이의 각도가 계획된 교정각 (x)이다.¹⁷⁾ 개방 췌기형 절골술에서 hinge는 외측 근위 간단부의 경비골 관절의 근위 경계 위치이며, 이는 외측 경골 고평부의 연골하 경화부의 15 mm 하방 부근이다. 교정각 (x)는 근위 경골에서 정의된 hinge point를 삼각형의 꼭지점으로 해서 그릴 수 있으며 내측 피질골의 삼각형 기저부는 개방 절골술의 정도를 말한다.

(2) Dugdale and Noyes method (Fig. 2B): Dugdale과 Noyes¹⁸⁾는 체중 부하선을 사용하여 2가지 방법을 얘기했다. 첫 번째, Line 1을 대퇴 골두의 중심에서부터 경골 너비의 62.5% 지점까지 그린 후 Line 2는 경골관절의 중심에서부터 경골 너비의 62.5% 지점으로 그린다(Fig. 2B). 이 2개의 선으로 이루어지는 각도를 교정각 (x)로 한다. 두 번째 방법에서는 고관절의 중심에서부터 경골의 62.5% 부위로 선을 그린 후 방사선 사진을 절골술 부위에서 잘라서 체중 부하선이 62% 부위를 지나도록 회전시키는 것이다. 교정각 (x)는 경골의 내측 개방 정도와 일치한다.

(3) Coventry method: 해부학적 축에서의 수술적 계획에서 resected angular wedge (x)로 계획된 해부학적 축과 수술 전 해부학적 축의 차이에 기초한 방법으로 특히 short antero-posterior view X-ray 촬영만 가능할 경우 유용하다. 만약 수술 전 4° 내반인 해부학적 축(anatomical axis [AA] preoperation)을 술 후 해부학적 축(AA postoperation)으로 교정하려면 다음과 같은 방정식을 사용할 수 있다(Fig. 2C).¹³⁾

$$X = (\text{AA postoperation}) - (\text{AA preoperation})$$

$$X = 8 - (-4) = 12^\circ$$

(4) 요약: 최적의 수술 후 정렬은 관상면에서 체중 부하선이 경골 너비의 외측 62%–66%를 지나고, 역학적 하지축이 3°–5° 외반 또는 해부학적 하지축이 8°–10° 외반일 때로 3가지 방법 모두 적절한 교정각을 보인다.

5) 시상면에서의 수술 전 계획

시상면에서의 변형은 진성 외측 슬관절 방사선 사진에서 평가될 수 있다. 그러나 연골과 연골판을 포함한 실제 후방 경골 경사는 골성 경골 경사보다는 작다. 연골판의 경사는 골성 경사에 비해서 6° 작고 십자인대가 결손된 경우에는 변형을 고려해야 한다. 후방 경골 경사의 증가는 경골의 전방 전위를 증가시키고 전방 십자인대의 인장력을 증가시킨다. Giffin 등¹⁹⁾은 경골 경사가 5° 증가할 경우, 200 N의 힘으로 축압력이 가해질 때 경골의 휴지기 위치에서 2 mm의 전방 전위를 보인다고 하였다. 또한, 후방 경골 경사각이 증가하면 전후방 관절 접촉력의 증가 및 후방 십자인대 결손에서 볼 수 있는 경골의 후방 아탈구를 줄이고 후방 경골 경사의 감소는 전후방 관절의 접촉력을 줄이며 전방 십자인대 결손에서 볼 수 있는 경골의 전방 아탈구를 줄인다. 후방 경골 경사를 바꿈으로써 굴곡 구축 및 과신전/전반슬 변형을 교정할 수 있다.

3. 외측 폐쇄형 절골술과 비교한 내측 개방형 절골술의 장 단점

내측 개방형 절골술의 장점으로서는 한 번의 절골술로 교정이 가능하며, 하지의 연장이 없고, 비골 절골술이 필요치 않으며, 비골 신경의 박리가 필요치 않아 비골 신경 손상 위험이 적고, 교정각의 정확도가 높으며, 술기가 비교적 쉽고 빠르다는 점이 있다. 단

점으로는 외측 폐쇄형 절골술에 비하여 절골 후 골이식이 필요할 수 있고, 골유합에 걸리는 시간이 더 길며, 슬와 신경 혈관의 손상 가능성이 있다는 점이 있다. 폐쇄 절골술이 수술 후 안정성이 더 우수하고 재활이 빠르다는 보고가 있으나,²⁰⁾ 일반적인 장단점보다는 환자의 선택과 술자의 정확한 술기가 중요하다.

4. 수술 술기

1) 경골의 이중 평면 절골 술기

수술 부위(patella tendon, tibial tuberosity, medial joint line, posterior border of tibia, fibular)를 표기한 후 patella tendon 내측면과 tibia의 posterior border의 중간 부위에 약 6-8 cm 종절개를 한다. Patella tendon의 삽입 부위를 노출시킨 후 다시 무릎을 90° 굴곡시킨 후전방에서 상행하는 절골의 주행을 전기소작기로 표시하여 슬개건 부착부 뒤에 saw cut ending의 수평선에서 110° 각도로 올라가서 이중평면절골을 시행할 준비를 한다. 경골의 내측 피질을 노출시킨 후 2개의 guide pin을 절골선의 방향으로 drilling하는데, 이때, 두 개의 pin을 평행하도록 유지하며 들어가는 지점은 금속판 T-arm의 세 개의 locking bolt와 고정금속판의 길이방향 shaft의 첫 번째 proximal screw가 근위부 절골편에 삽입될 수 있도록 근위부 절골편을 충분히 남긴 지점에서 들어가야 하며, 경비골 관절의 근위부 상방의 목표지점은 비골두의 tip과 비골두의 circumference line 사이의 'safe zone'을 향하게 해야 한다(Fig. 3).²¹⁾ 'Safe zone' 하방으로 향하게 되면 절골 시 경골 외측 피질에 골절이 발생할 위험이 증가한다. 후방 pin은 후방경골 ridge의 바로 앞에서 pes anserinus의 cranial border에 삽입하고 두 번째 pin은 첫 번째 pin과 평행하게 전방 2 cm에서 삽입한다. Pin은 정확히 외측



Figure 3. Anteroposterior radiograph of the knee showing the extent of the safe zone. Between A and B: safe zone. A, tip of the fibular head; B, circumference line of the fibular head.

피질에서 멈춰야 한다. Saw 절제의 깊이는 외측골의 hinge를 남겨 두기 위해 외측 피질 골에서부터 5-10 mm 정도 남게 절골을 시행해야 하고 경골절골부분은 15-20 mm 이상의 너비를 가져야 한다. 수평절골은 2개의 guide pin 아래로 pin을 rail 삼아 oscillating saw로 시행하며 경골 후 내측 피질을 완전히 절골한다. 이때, 후방 경골표면의 배측 해부학적 구조물은 long nose Hohmann retractor로 보호하고 saw cutting은 irrigation을 시행하여 계속적으로 saw blade를 식히면서 아주 적은 압력으로 천천히 시행한다. 경골 후방 2/3 지점의 절골이 충분히 되면 전방상행 saw cut은 narrow saw blade로 외측 피질을 포함하여 완전 절골시키는데 미끄러짐을 방지하기 위해 피질과 수직으로 후외측 방향으로 saw blade를 넣어 시작하는 것이 좋다. 내측 피질을 절단한 후 saw blade는 관상면으로 향하여 이중평면 절골을 하면 전방 절골의 두 표면 사이에서 골이 만나 수술 후 시상면의 안정성을 높여준다(Fig. 4).

2) 경골의 단일 평면 절골 술기

수술 부위를 표기한 후 patella tendon 내측 면과 tibia의 posterior border의 중간 부위에 약 6-8 cm 종절개를 한다. Patella tendon의 삽입 부위를 노출시킨 후 long nose Hohmann retractor로 앞쪽을 젖히고 hamstring fascia를 노출시켜 확인한 후 분리시켜 후내측으로 젖힌다. Hamstring tendon을 후내측으로 젖힌 후 천층 MCL을 노출시키고 MCL을 절골 위치에서 관절면과 평행하게 자른다. Hamstrings와 MCL 사이로 long tongue retractor를 삽입하여 후면의 신경 혈관 구조물들을 보호하면서 절골 부위를 노출시킨다. Knee joint를 살짝 굴곡시키고 C-arm으로 경골 관절면과 평행하게 이미지를 비출 수 있게 한 뒤 전방 K-wire (diameter 2.0-



Figure 4. The dorsal cut of the biplanar osteotomy also started 4 cm below the medial joint line. Only the posterior two thirds of the tibia were cut. The frontal third of the tibia was left intact. The anterior cut was aimed at a point 2 cm below the ventral joint line.

2.4 mm)를 'safe zone'을 향해 삽입한다. 이 때 시작점은 관절면에 서 약 3 cm 하방, 즉 metaphyseal flare에서 시작해야 한다. 후방 K-wire (diameter 2.0-2.4 mm)를 첫 번째 K-wire와 평행하게 그리고 경골 경사와 평행하게 삽입한다. 2개의 K-wire를 연결하는 면이 절골을 위한 절개면이 된다. 절골을 시작하기 전에 long tongue retractor를 이용하여 후면의 신경 혈관 구조물들을 보호해야 하며, oscillating saw를 이용하여 삽입된 두 개의 guide pin 하방에서 시작한다(절골면의 약 50%-60%는 oscillating saw를 사용하고 이후 절골도를 사용하여 조심스럽게 그러나 충분히 절골술을 시행한다). 절골은 절개된 면을 3 or 4 chisel을 이용하여 완성시키는데 이 때 중요한 것은 절골 시 lateral cortex를 약 5-10 mm가 남게 osteotomy를 시행해야 한다. 첫 번째 chisel을 lateral의 끝부분에서 5-10 mm 위치까지 삽입시킨다. 두 번째 chisel은 첫 번째 chisel을 따라 삽입시키고, 세 번째 chisel을 첫 번째와 두 번째 사이에 삽입시킨다. 조심스럽게 신중하게 valgus force를 가해 절골면을 열어 준 뒤 bone spreader를 절골면 깊게 삽입한다. Screw driver를 이용하여 천천히 시계 방향으로 돌려 열어 준 후 C-arm을 이용하여 하지 정렬과 교정 정도를 확인한다.

3) 수술 술기

수술은 방사선 투과성 수술 침대에 supine position으로 시작한다. 소독 전에 대퇴골두에 방사선 비투과성 표지를 해두면 수술 중 하지의 역학적 축을 평가하는 데 도움이 된다. 슬관절 30°-45° 굴곡 상태에서 피부에 내측 관절선과 pes anserinus의 근위부 경계, 천층 MCL, 경골 결절의 해부학적 표식을 그린다.

피부 절개선은 patella tendon 내측면과 tibia의 posterior border의 중간 부위에 약 6-8 cm 종절개를 한다. 복재신경의 슬개하 분

지를 보존하고 pes anserinus의 두부 경계에서 피하조직과 근막을 분리한 후, hook을 이용하여 pes건을 원위부로 당긴다(Fig. 5). 이후, MCL의 superficial portion의 전방 경계를 노출시켜 골막 박리기로 경골로부터 들어올린다. Superficial MCL의 긴 섬유조직은 근위 경골부의 후내측 피질이 노출될 때까지 메스로 경골 삽입부에서 주의 깊게 박리하고 long nose Hohmann retractor는 경골 ridge의 뒤로 삽입하여 절개선의 전방면에서 경골 결절의 슬개건의 부착부와 슬개인대의 내측 경계부를 명확하게 보이도록 노출시킨다. 이후 하지를 최대 신전시켜 fluoroscopy하에 정확하게 전후방 방향으로 하는데, 내측과 외측 구획이 전후방 촬영상 정확하게 정렬되게 하고 경골이 비골두의 1/3을 가리며 슬개골은 정확하게 전방을 향하도록 보조자가 잡는다. 자세를 유지하면서 위에서 기술한 바와 같이 경골의 절골을 시행한 후에는 외측 골 bridge까지 횡절골로 첫 번째 chisel을 lateral의 끝부분에서 5-10 mm 위치까지 삽입시킨다. 두 번째 chisel은 첫 번째 chisel을 따라 삽입시키고, 세 번째 chisel을 첫 번째와 두 번째 사이에 삽입시킨다. Chisel은 light hammer blow로 절골 틈을 벌려 주의 깊게 넣어 개방절골을 한다. 이 때, 처음 두 개의 chisel에 의해 만들어진 절골 틈에 spreader chisel을 위치시켜 screwdriver와 함께 bone spreader forcep을 통해 원하는 너비만큼 틈을 만들 수 있으며 외측 피질의 골절을 예방하기 위해 절골 틈 개방은 수분에 걸쳐 천천히 시행한다. 개방술을 실시하면서 절골 너비는 caliper로 측정하여 계획하였던 너비를 얻게 되면 관절교정 spreader를 절골의 후내측에 위치시키고 chisel을 제거한다. 절골부 spreading 시 MCL 때문에 더 전방으로 개방되는 경향이 있어서 경골 고평부의 후방 경사각이 증가되므로 MCL의 표면 섬유의 충분한 절개로 횡방향 절골이 더 전방으로 개방되지 않게 하는 것이 중요하다. 내반 변형만 교정하는 경우에는 경골 경사가 변하지 않도록 해야 하는데, 만약 인대 불안정성이나 신전 결손이 있어 함께 치료하는 경우는 경골 경사도 변화시킬 수 있다. 예로 슬관절 후



Figure 5. Clinical picture shows that pes anserinus is pulled distally from its head edge using a hook after separating the subcutaneous tissue and fascia.

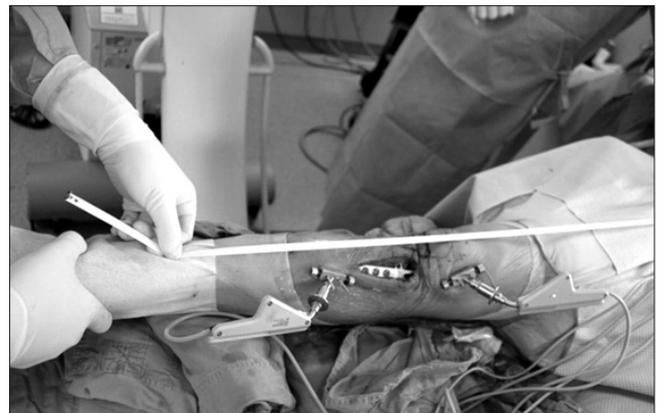


Figure 6. Clinical photo shows intraoperative finding that the mechanical axis can be evaluated using Bovie line or a measuring tape.

방 불안정성과 과신전을 보이는 환자는 후방보다 전방의 절골을 더 개방하면 경골 후방 각도가 증가하여 경골의 후방 아탈구 성향을 줄일 수 있고(굴곡 절골, 신전 절골(후방 개방이 전방보다 더 크다)을 시행할 경우에는 전방 불안정성을 줄일 수 있다. 절골 간격을 원하는 너비까지 개방했다면 다시 다리를 신전시키고 임상적으로 혹은 방사선을 통해 하지의 축을 평가한다. 긴 rod를 대퇴골두 중심부터 족관절 상방 중심에 위치시키고 방사선 영상을 보는데, rod 대신 Bovie knife의 line이나 방사선 비투과성 줄자 등을 이용할 수도 있다(Fig. 6). 교정된 체중 부하선은 경골 고평부의 외측부 62%를 지나도록 하는 것이 좋다.¹⁶⁾ 이후 drill sleeve와 distance holder가 미리 조립되어 있는 고정 plate를 피하 터널로 미끄러뜨려 넣어서 장축의 arm을 경골 골간에 맞추고 근위부 locking screw는 관절면 근방 연골하에 위치하도록 조절하고 금속판의 중심 drill sleeve에 K-wire를 삽입하여 일시적으로 안정시킨다. T-arm 근위부에 self-tapping locking screw를 삽입할 때 금속판이 회전하지 않도록 주의하고 torque screwdriver로 단단하게 조인다. 다음엔 균열이 있는 경우에 한해서 일시적으로 lag screw effect를 가진 피질 골 나사를 절골 원위부 plate 첫 번째 홈에 삽입하여 절골 원위부 골편을 고정하고 plate 쪽으로 당겨 외측 피질 경첩에 압박력을 가하면 외측 골 경첩에 일어날 수 있는 균열을 없애면서 금속판을 경골 내측 표면에 붙일 수 있다. 장축의 arm에 screw는 원위부부터 근위부로 올라오며 삽입하고 앞서 삽입했던 절골틈 원위부의 lag screw는 bicortical locking screw로 교체한다. 근위부 나사들은 삽입할 때마다 전후방 및 측방 방사선 촬영을 통해서 나사 삽입이 제대로 되었는지 반드시 확인한다. 만약 절골 간격의 너비가 13 mm가 넘거나 mechanical support 및 골유합을 촉진하기 위해 전방 장골능으로부터 자가 해면골을 채취하여 절골 간격으로 골이식(tricortical, bicortical)을 시행할 수 있으며, 동종 해면골 및 bone substitute (Ca⁺⁺ phosphate)를 이용할 수도 있

다. 이후 절골부 표면 해면골로부터 2차적인 출혈을 예방하기 위해 collagen fleece를 골과 고정 plate 사이에 넣는 것도 도움이 되고 흡입 배액은 필요치 않으나 근위부에 overflow 배액관을 삽입하는 것을 추천한다. 피하조직과 피부를 닫기 전에 최종 전후방 및 측방 방사선 촬영을 통해서 슬관절 정렬을 확인하고 연부조직과 피부가 금속판을 충분히 덮을 수 있게 봉합한 뒤 dressing을 시행한다.

5. 수술 후 관리

수술 후 바로 얼음주머니를 대주고 초기에 간헐적인 정맥 압박 펌프의 사용을 추천한다. 수술 후 첫째 날 연부조직 상태를 보기 위해 dressing을 시행하고 첫날부터 목발과 함께 high tibial osteotomy brace를 착용하고 15-20 kg 정도의 체중 부하 보행을 하여 6주까지 유지한다. 하지만 수술 시 골절 유무 혹은 금속판의 고정력 유무에 따라 체중 부하 보행이 늦어질 수도 있다. 이후 체중 부하를 늘려 수술 후 7주에 완전 체중 부하를 허용하며, 부목은 필요치 않다. 하지만 술 후 경과에는 환자에 개개인에 따라 다를 수 있으므로 지속적인 추적 관찰을 하면서 관리에 주의를 기울여야 하며 림프 부종이 상대적으로 자주 발생하기 때문에 매일 수동으로 다리가 붓지 않게 움직이는 것이 좋고 근육의 자극을 위한 전기 치료도 가능하다.

6. 수술 결과

Brosset 등²²⁾은 51명의 환자에게 내측 개방형 절골술을 시행한 후 2년 추시 결과 평균 4.5개월에 골유합을 얻었으며 술 전 평균 7° 내반슬이 술 후 평균 1.2° 외반슬로 교정되었고 임상적 평가가 향상되고 술 후 평균 3개월에 도움 없이 완전 체중 부하가 가능하여 대부분의 환자에서 업무 및 체육 활동으로 복귀가 가능했다고 보고한 바 있다. 저자들이 수술한 86명의 환자에게 내측 개방형 절

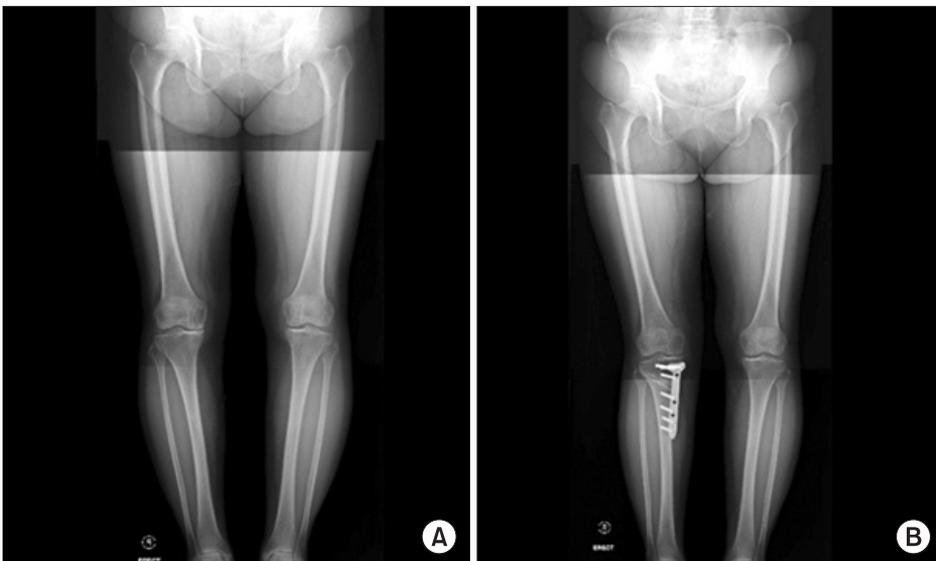


Figure 7. Preoperative (A) and postoperative (B) anteroposterior whole lower limb X-ray.

골술을 시행한 후 5년 추시 결과 평균 4.3개월에 골유합을 얻었으며 술 전 평균 7.3° 내반슬이 술 후 평균 2.3° 외반슬로 교정되었고 임상적 결과가 만족스러웠으며 이상적인 적응증을 벗어난 고령의 환자에서도 대체로 좋은 결과를 보여 내측 개방형 절골술은 내측 구획 골관절염의 환자에게 좋은 수술법으로 생각된다(Fig. 7A).

7. 합병증

술 후 여러 합병증이 발생할 수 있는데 우선 경골 후방 피질 골 절골 과정에서 슬와 혈관의 손상을 줄 위험성이 있다.²³⁾ 수술 중 tourniquet을 풀면 절골 틈으로부터 나오는 심한 출혈로 바로 확인이 가능하다. 이 경우 내측 피부 절개를 원위로 연장하면 비복근과 경골 사이로 슬와 혈관 및 신경을 쉽게 노출시킬 수 있다. 동맥이 가장 내측으로 주행하고 그 다음 정맥, 신경 순으로 주행한다. 혈관 손상 시 clamping 후 봉합을 시행할 수 있으며 경골 신경이 손상 시에는 two-stage 봉합 혹은 재건술의 적응이 된다. 수술 후 연부조직의 부종과 림프 부종이 발생할 수 있으며, 소염제 및 도수 림프 배액, 간헐적 정맥 압박 펌프 등을 적용할 수 있다. 심부 정맥 혈전 혹은 폐색전의 경우 내과적 치료를 필요로 한다. 술 후 하지의 부종, 감각 손상, 통증 등을 포함한 구획 증후군의 압박 증상이 발생하면 임상적 증상과 구획 압력에 대한 조기 평가가 필요하며, 환자의 이완기 혈압과 구획 압력의 차이가 30 mmHg 이하로 측정되면 근막 절개의 적응이 된다. 술 후 감염이 강력히 의심되면 조기 변연 절제술 및 항생제 투여를 요한다. 또한 술 후 6-9주째에도 보행 시 지속적인 통증이 동반되면 절골부의 지연 유합을 의심할 수 있으며 방사선 사진상에서 절골부 외측 피질의 미세 움푹임이 관찰될 수 있다. 이 경우는 골이식이나 금속판 재고정을 고려해야 하겠다. 이 외에도 수술장에서 발생 가능한 합병증으로 외측 경골과 골절, 외측 피질 골절 및 불유합 등이 있겠다.

결 론

경골 근위부 절골술은 부분 치환술 및 전치환술과 함께 슬관절의 내측 구획 관절염의 효과적인 치료 방법으로 널리 이용되고 있으며 술 후 만족할 만한 임상적 결과를 보여준다. 내측 개방형 절골술은 외측 폐쇄형 절골술과 비교하여 정확한 교정각을 얻을 수 있고, 술기가 비교적 간단하며 수술 시간이 짧고 비골 절골 및 비골 신경 손상을 피할 수 있는 장점이 있으며, 금속판의 안정성이 증가하면서 더욱 폭넓은 적응증을 가진다. 수술을 시행함에 있어서 환자의 선택을 적절하게 하고 수술 전 계획 및 술기를 정확하게 시행한다면 내측 구획 관절염의 치료에 많은 도움이 될 것이다.

REFERENCES

1. 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.
2. Lexer E. Die gesamte Wiederherstellungschirurgie. Leipzig: Barth; 1931.
3. Brett AL. Operative correction of genu recurvatum. *J Bone Joint Surg Am.* 1935;17:984-9.
4. Debeyre J, Patte D. The place of corrective osteotomies in the treatment of gonarthrosis. *Acta Orthop Belg.* 1961;27:374-83.
5. Lee DH, Han SB, Oh KJ, et al. The weight-bearing scangram technique provides better coronal limb alignment than the navigation technique in open high tibial osteotomy. *Knee.* Published online October 5, 2012; doi: 10.1016/J.Knee.2012.09.003.
6. Sim JA, Kwak JH, Yang SH, Choi ES, Lee BK. Effect of weight-bearing on the alignment after open wedge high tibial osteotomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2010;18:874-8.
7. Bonnin M, Chambat P. Current status of valgus angle, tibial head closing wedge osteotomy in media gonarthrosis. *Orthopade.* 2004;33:135-42.
8. Benzakour T, Hefti A, Lemseffer M, El Ahmadi JD, Bouyarmane H, Benzakour A. High tibial osteotomy for medial osteoarthritis of the knee: 15 years follow-up. *Int Orthop.* 2010;34:209-15.
9. Lee DH, Nha KW, Park SJ, Han SB. Preoperative and postoperative comparisons of navigation and radiologic limb alignment measurements after high tibial osteotomy. *Arthroscopy.* 2012;28:1842-50.
10. Gaasbeek RD, Sonneveld H, van Heerwaarden RJ, Jacobs WC, Wymenga AB. Distal tuberosity osteotomy in open wedge high tibial osteotomy can prevent patella infera: a new technique. *Knee.* 2004;11:457-61.
11. Stoffel K, Willers C, Korshid O, Kuster M. Patellofemoral contact pressure following high tibial osteotomy: a cadaveric study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2007;15:1094-100.
12. Lobenhoffer P, Galla M, Agneskirchner JD, et al. Osteotomies around the knee: indications, planning, surgical techniques using plate fixators. Davos, Stuttgart, New York: AO Publishing; 2008.
13. Coventry MB. Upper tibial osteotomy for osteoarthritis. *J Bone Joint Surg Am.* 1985;67:1136-40.

14. 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.
15. Pape D, Seil R, Adam F, Rupp S, Kohn D, Lobenhoffer P. Imaging and preoperative planning of osteotomy of tibial head osteotomy. *Orthopade.* 2004;33:122-34.
16. 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.
17. Miniaci A, Ballmer FT, Ballmer PM, Jakob RP. Proximal tibial osteotomy. A new fixation device. *Clin Orthop Relat Res.* 1989;246:250-9.
18. 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.
19. 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.
20. Flecher X, Parratte S, Aubaniac JM, Argenson JN. A 12-28-year followup study of closing wedge high tibial osteotomy. *Clin Orthop Relat Res.* 2006;452:91-6.
21. Han SB, Lee DH, Shetty GM, Chae DJ, Song JG, Nha KW. A "safe zone" in medial open-wedge high tibia osteotomy to prevent lateral cortex fracture. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2013;21:90-5.
22. Brosset T, Pasquier G, Migaud H, Gougeon F. Opening wedge high tibial osteotomy performed without filling the defect but with locking plate fixation (TomoFix™) and early weight-bearing: prospective evaluation of bone union, precision and maintenance of correction in 51 cases. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2011;97:705-11.
23. Shenoy PM, Oh HK, Choi JY, et al. Pseudoaneurysm of the popliteal artery complicating medial opening wedge high tibial osteotomy. *Orthopedics.* 2009;32:442.

슬관절 퇴행성 관절염에서의 절골술

내측 개방형 경골 근위부 절골술의 치료 원칙과 최신 지견

신영수 • 이대희 • 이순혁 • 김묘중 • 한승범[✉]

고려대학교 의과대학 안암병원 정형외과학교실

경골 근위부 절골술은 슬관절의 내반 변형을 동반한 골관절염에서 널리 사용되는 수술적 치료 방법으로 환자 선택과 수술 술기가 정확할 경우 만족스러운 임상적 결과를 보인다고 보고된다. 술기로는 내측 개방형 절골술과 외측 폐쇄형 절골술이 많이 이용되고 있으며, 각 술기의 장단점이 있다. 본 종설에서는 내측 개방형 경골 근위부 절골술을 시행함에 있어서 환자의 선택 및 수술 전 검사와 계획, 수술의 술기, 합병증, 재활의 치료 원칙과 최신 지견에 대해 살펴보고자 한다.

색인단어: 슬관절, 골관절염, 고위 경골 절골술, 내측 개방형 뼈기

접수일 2013년 10월 10일 수정일 2013년 12월 5일 게재확정일 2014년 1월 7일

[✉]책임저자 한승범

서울시 성북구 인촌로 73, 고려대학교 안암병원 정형외과

TEL 02-920-5692, FAX 02-924-2471, E-mail oshan@korea.ac.kr