

관절경적 이중다발 후방십자인대 재건술

원광대학교 의과대학 정형외과학교실

전철홍 · 김성훈

서 론

후방십자인대는 슬관절의 중심축을 이루는 구조물로 경골의 후방 전위를 막는 일차적인 역할을 하는 슬관절에 중요한 구조물이다.¹⁾ 일반적으로 후방십자인대 단일 손상의 치료로 보존적 요법을 선호하였는데, 장기 추사에서 불안정성의 발생뿐만 아니라 슬개-대퇴 관절(Patellofemoral joint)과 내측 대퇴-경골 관절의 퇴행성 변화가 관찰되었고, 최근 수상 전 스포츠 활동으로의 복귀에 관심이 모아짐에 따라 수술적 치료를 선호하는 경향이 있다.^{2,3,4)} 그러나, 현재까지 후방십자인대 재건술의 방법은 이식건 선택, 경골부 고정 방법, 대퇴 터널의 위치, 다발의 수 등에서 완전한 의견의 일치를 이루지 못한 상태로 가장 좋은 치료방법에 대해서는 아직 의견이 분분하다. 저자는 후방십자인대의 해부학, 생역학 그리고 손상 시 치료방법 결정에 대해서 기술하고 수술방법 중 관절경을 이용한 이중다발 후방십자인대 재건술에 대해서 기술하고자 한다.

해부학

후방십자인대는 후방 경골의 관절선에서 대략 10 mm 하방에서 기시하여 내측 대퇴골(medial femoral condyle) 외측 면의 후방에 부착되는 구조물로, 평균 길이는 38 mm이고 평균 너비는 13 mm로 전방십자인대보다 크고 강하다. 후방십자인대는 전외측 다발(Anterolateral bundle)과 후내측 다발(Posteromedial bundle)로 이루어져 있다. 전외측 다발은 후내측 다발보다 더 크고 단단하며, 슬관절을 굴곡하였을 때 긴장하고, 신전하였을 때 이완된다. 반면에 후내측 다발은 신전 상태에서 긴장하고 굴곡 상태에서 이완한다.¹⁴⁾ 후방

십자인대를 중간부위에서 횡단면으로 자를 경우 전외측 다발은 후내측 다발에 비해 거의 2배의 크기를 가지며, 강성(stiffness)과 최대 인장 강도(ultimate tensile strength)도 또한 크다.⁵⁾ 이런 이유로 인해 현재까지 후방십자인대 손상에서 단일다발 재건술은 전외측 다발을 재건하는데 초점이 맞추어져 있다.³⁾

반월상대퇴인대(Meniscofemoral ligament)는 후방십자인대와 같이 내측 대퇴골에 부착되고 후방십자인대의 전방(Ligament of Humphrey) 또는 후방(Ligament of Wrisberg)으로 주행하여 외측 반월상 연골판의 후각에 부착한다. 반월상대퇴인대의 강성과 최대 부하(ultimate load)는 후방십자인대의 후내측 다발보다 약간 더 강하다.⁵⁾ 반월상대퇴인대는 경골의 후방 전위에 대한 저항을 이차적으로 담당하며, 슬관절 90도 굴곡 상태에서 경골의 후방 전위에 대해 저항하는 전체 힘의 28% 정도를 차지한다.⁶⁾ 또한 후방십자인대 결손 슬관절에서 반월상대퇴인대의 절단은 슬관절의 불안정성을 더욱 증가시킨다.

생역학

후방십자인대는 슬관절의 주요 안정화 구조물로 그 일차적인 기능은 대퇴골에 대한 경골의 후방 전위에 대해 저항하는 것이다.⁷⁾ 그러나 경골의 후방 전위에 대한 저항은 후방십자인대 단독에 의해 이루어지는 것이 아니라 반월상대퇴인대와 후외측 구조물과 함께 상보적으로 이루어진다.^{6,8)} 앞에서도 언급하였듯이 후방십자인대 내의 각각 다발의 선상 강성(linear stiffness)과 최대 하중(ultimate load)을 연구하였을 때 전외측 다발이 후내측 다발이나 반월상 대퇴 인대보다 선상 강성과 최대 하중이 더 크다.⁵⁾ 그래서 현재 대부분의 단일다발 후방십자인대 재건술은 전외측 다발을 재건하는데 초점이 맞추어져 있다.

그러나 최근의 연구에서 후방십자인대의 전외측 다발과 후내측 다발에 가해지는 in situ force는 큰 차이가 없다고 하였고,⁹⁾ 실제로 두 다발 모두 후방십자인대의 전체적 안정성에 중요한 역할을 한다. 전외측 다발을 재건하고 슬관절을 굴곡시킨 상태에서 고정하였을 때 굴곡 상태에서 슬관절은 안정

* Address reprint request to
Churl Hong Chun, M.D., Ph.D.
Department of Orthopedic Surgery, Wonkwang University Hospital,
344-2 Shinyong-dong, Iksan, Chunbuk, Korea
Tel: 82-63-859-1363, Fax: 82-63-852-9329
E-mail: cch@wonkwang.ac.kr

접수일: 2011년 5월 25일 게재심사일: 2011년 6월 15일
게재승인일: 2011년 7월 30일

화되지만 완전 신전 상태에서는 불안정성이 남아있게 된다.¹⁰⁾ 후방십자인대의 후내측 다발은 슬관절을 신전시킨 상태에서 긴장하기 때문에 이 다발을 재건하지 못하는 것이 신전상태에서 슬관절에 불안정성이 남아있도록 야기할 수 있다. 정상 슬관절, 단일다발 재건술 그리고 이중다발 재건술의 경골의 후방 전위와 in situ force를 비교한 사체 연구에서 이중다발 재건술이 단일다발 재건술보다 모든 관절운동범위에서 정상 슬관절의 생역학에 가깝다라고 하였다(Fig. 1).¹⁰⁾ 사실 이중다발 재건술을 시행한 군에서 경골의 후방 전위 정도는 정상 슬관절과 비교했을 때 큰 차이가 없었고 in situ force도 거의 정상에 가깝게 회복되었다.¹¹⁾

치 료

후방십자인대 손상에 대한 수술적 치료와 비수술적 치료의 적응증, 재건술 술기, 이식물의 선택, 재활 방법은 여전히 논란이 되고 있고 이는 본 손상의 빈도가 상대적으로 드물고 동반 손상이 다양하여 치료결과를 비교하기 어렵기 때문이다.

1. 후방십자인대 단독 손상(Isolated PCL injury)

후방십자인대의 부분 손상이나 Grade I, II의 단독 손상은 비수술적 치료를 시행하여 대체로 만족스러운 결과를 얻을 수 있다는 의견이 보편적이다. Dandy와 Pusey 등¹²⁾은 20명의 후방십자인대 단독 손상 환자들을 평균 7.2년간 추시하였고 그 중 18명에서 좋은 기능적 결과를 보고하였다. Coss와 Powell 등¹³⁾도 비슷한 결과를 보고하였는데 후방십자인대 단독 손상에 대해 보존적 치료를 시행한 67명 중 54명에서 양

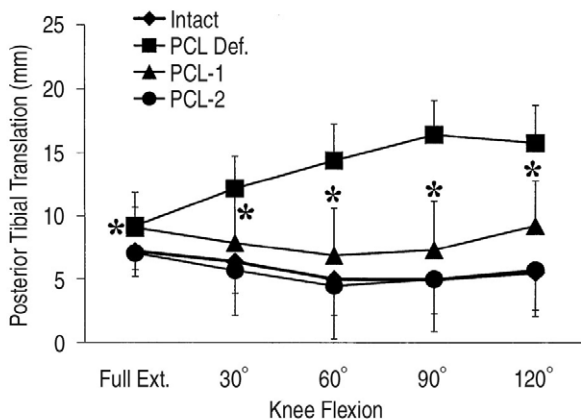


Fig. 1. Graph from biomechanical study showing that a double bundle PCL reconstruction is biomechanically superior to a single bundle reconstruction. (From Harner CD, Jansushek MA, Kanamori A, Yagi M, Vogrin TM, Woo SL: Biomechanical analysis of a double-bundle posterior cruciate ligament reconstruction, Am J Sports Med 28:144-151, 2000.)

호 이상의 결과를 보고하였다. Torg 등¹⁴⁾은 주관적인 결과는 좋다고 하였으나 무증상의 후방십자인대 단독 손상이 있는 환자들의 60%가 6년째 내측 구획에 퇴행성 변화가 발생한다고 하였다. Shelbourne 등¹⁵⁾은 grade 1, 2 후방십자인대 손상 환자 68명 중 63명이 수술적 치료 없이 5.4년 추시상 객관적으로나 주관적으로 좋은 결과를 얻었다고 보고하였다.

최근 보존적 치료의 장기 추시 연구에 따르면 시간이 지남에 따라 슬관절 기능이 악화되는 경향이 있고 대부분의 환자는 결국 어느 정도의 장애를 가지게 된다고 하였다. 후방십자인대 결손 슬관절에서 증가된 경골의 후방 전위는 경골대퇴 접촉부하(tibiofemoral contact load)를 전방으로 이동시키고 이로 인해 내측 구획과 슬개-대퇴 관절(Patellofemoral joint)의 접촉 압력이 증가되고 결국 반월상 연골의 병변과 골관절염을 야기한다.^{3,4)} Dejour 등¹⁶⁾은 후방십자인대 결손 환자들이 손상 15년에 89%의 환자들에서 지속적인 통증이 있었고, 50%에서 만성적인 삼출물이 있었고 모든 환자에서 진행적 퇴행성 변화가 관찰되었다고 하였다. Boynton과 Tietjens 등¹⁷⁾이 후방십자인대 결손 환자 38명을 대상으로 평균 13.4년간 추시하였을 때 8명(21%)의 환자에서 반월상 연골판의 손상으로 수술이 필요했다고 하였다. 반월상 연골판에 문제가 없는 30명의 환자들 중 24명(81%)에서 간헐적인 통증을 호소하였고 17명(56%)에서 간헐적인 삼출물이 있었다고 하였으며 추시 기간이 늘어갈수록 방사선학적으로 관절의 퇴행성 변화가 증가한다고 하였다. 또한 Grade 3의 후방십자인대 손상 환자들은 Grade 1, 2의 후방십자인대 손상 환자들보다 더 강도 높은 통증, 불안정성, 반월상 연골판 병리를 가진다.¹⁵⁾

후방십자인대 재건술의 결과들이 단기 및 장기 추시에 걸쳐 다양하게 보고되고 있으며 대부분의 보고에서 불안정증에 대한 주관적 증상이 호전에 되었음을 보고하였음에도 불구하고 어떤 연구 결과도 후방십자인대 재건술이 관절연골 퇴행의 발생을 예방할 수 있다고 증명하지 못하였다.

단독 후방십자인대 손상에 대한 치료에 대한 논쟁은 계속되고 있다. 현재 보편적으로 인정되고 있는 치료 방법으로는 Grade 1, 2 후방십자인대 손상의 경우 비수술적으로 치료하고, Grade 3의 후방십자인대 손상, 만성적으로 증상을 야기하는 손상 그리고 다른 인대 손상 특히 후외측 구조물의 손상이 동반된 경우 수술적인 치료를 요하게 된다.

2. 후방십자인대 견열 골절

후방십자인대 견열 골절이 발생하였고 골편이 크면 관절적 정복술 및 내고정술을 시행하고 골편이 작으면서 후방 경골 전위가 10 mm 이상일 경우 후방십자인대 재건술을 고려한다.

3. 후방십자인대 복합 손상

후방십자인대 손상이 단독 손상으로 발생할 수도 있지만 대부분은 복합 손상이다. 전방십자인대 손상과 같이 발생할 수도 있고 측부인대 손상과 같이 발생할 수도 있다. 이런 복합 손상은 치료와 예후를 결정하기 전에 어떤 구조물이 손상 당하였는지 파악하는 것이 매우 중요하고 그 치료로는 불안정증이 심하기 때문에 수술적 치료를 시행해야 한다.

전·후방십자인대 손상 시 전방십자인대나 후방십자인대 단독 재건술은 슬관절의 안정성을 회복하는데 부족하기 때문에 두 인대 모두 치료하여야 한다. 후방십자인대와 후외측 구조물 손상 시 후외측 구조물을 복원 혹은 재건하지 않은 채 후방십자인대만 재건한 경우 후외측 회전 불안정성으로 인해 재건한 후방십자인대의 실패를 야기할 수 있다.¹⁸⁾

4. 만성 후방십자인대 결손

일반적으로 만성 후방십자인대 결손은 후방십자인대 단독 손상보다 복합 손상에 의해 발생한다. 지속적인 통증은 내측 구획과 슬개-대퇴 관절의 퇴행성 변화에 의해 야기되거나 이차 지지대(Secondary restraints)들의 기능적인 늘어남(functional stretching)에 의한 불안정성에 의해 야기된다. 대부분의 저자들은 증상이 있는 만성 후방십자인대 결손 환자들이 수술적 치료가 필요하다는데 동의한다. 그러나 어떤 수술술기를 사용해야 할 것인지는 아직 논쟁이 있다.

5. 다양한 수술방법

여러 가지 다양한 후방십자인대 재건술이 기술되었다. 이식전은 어떤 것을 사용할 것인지, 경골 터널은 trans-tibial tunnel 방법으로 위치시킬 것인지, tibial inlay 방법으로 위치시킬 것인지, 단일다발 재건술을 시행할 것인지 아니면 이중다발 후방십자인대 재건술을 시행할 것인지 아직 논란이 많다.

앞에서 기술하였듯이 후방십자인대의 경골 부착부는 후방 경골의 관절선에서 대략 10 mm 하방이고 이곳은 터널을 만들기 쉽지 않아 많은 합병증의 원인이 된다. 일반적으로 경골의 전내측에서 경골 후방부 후방십자인대 부착부로 터널을 만들어 이식전을 통과시키는데 이로 인해 경골 후방부에서 이식전의 “Killer turn” 즉 급격한 방향 전환을 만들게 된다. 이는 이식물의 마모(abrasion)를 야기하고 이로 인해 시간이 갈수록 경골의 후방전이 정도가 증가하거나 이식물의 실패가 발생한다. 경골의 전외측을 시작부위로 하면 “Killer turn”이 조금 감소하고 이를 아예 없애기 위해서는 tibial inlay 방법을 사용해야 한다. Tibial inlay 방법은 “Killer turn”을 해결하고, 경골부착부위에 직접적인 골과 골의 고정을 시행함으로써 조기에 견고한 고정과 유합을 얻을 수 있고, 비교적 큰 이식물을 사용할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 그러나 수술 시 환자

의 자세 변화가 필요하고 슬외부의 절개가 필요하고 굴곡 제한이 올 수 있다는 단점이 있다. Berg EE¹⁹⁾ 등은 tibial inlay를 사용한 환자에서 평균 11도의 굴곡 제한이 있다고 하였다.

단일다발 재건술에서 등척점(isometric point)에 대퇴 터널을 위치시킬 경우 정상 슬관절의 안정성 및 생역학을 회복하지 못하여 현재의 대부분 후방십자인대 재건술은 크고 생역학적으로 우수한 전외측 다발을 재건하는 것이다. 그러나 앞서도 거론하였듯이 전외측 다발만 재건하는 것은 굴곡 시 불안정증을 회복할 수는 있으나 완전 신전 상태에서는 불안정성이 남아있게 된다.¹⁰⁾ 이중 후방십자인대를 재건함으로써 모든 관절운동범위에서 정상 슬관절에 가까운 안정성과 생역학을 회복할 수 있고 후방십자인대에 주어지는 부하가 분산되는 효과를 얻을 수 있다. 이중다발 후방십자인대 재건술의 터널 위치는 저자에 따라 차이가 있다. Morgan 등²⁰⁾은 전외측 다발은 내측관절연골(medial articular cartilage)과 대퇴골 과간 벽(intercondylar wall) 사이의 13 mm±0.5 mm 후방과 내측관절연골과 대퇴골 과간 지붕(intercondylar roof) 사이의 13 mm±0.5 mm 하방이 만나는 부위이고 후내측 다발은 내측관절연골과 대퇴골 과간 벽 사이의 8 mm±0.5 mm 후방과 내측관절연골과 대퇴골 과간 벽 사이의 20 mm±0.5 mm 하방이 만나는 부위이다(Fig. 2). Race와 Amis²¹⁾는 전외측 다발은 관절연골 가장자리(articular cartilage margin)에서 6 mm에 중심을 두고 후내측 다발은 관절연골 가장자리의 가장 후방에 만든다고 하였다. 이와 같이 후방십자인대 재건술에서 다발의 위치는 저자들마다 조금씩 다르며, 임상적으로 아직까지 이중다발 후방십자인대 재건술이 단일다발 후방십자인대보다 좋다는 증거는 없다.

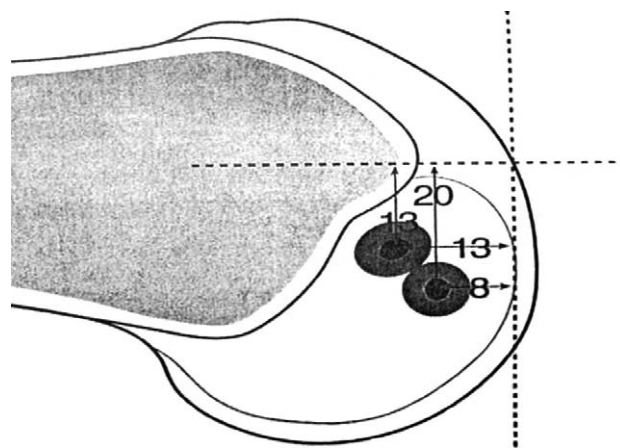


Fig. 2. Reconstruction of the anterolateral and posteromedial bundle. (From Morgan CD, Kalman VR, Grawl DM: The anatomic origin of the posterior cruciate ligament: where is it? Reference landmarks for PCL reconstruction, Arthroscopy 13:325-331, 1997.)

분할 아킬레스 동종건을 이용한 관절경적 이중 다발 후방십자인대 재건술 술기

1. 슬관절 관절경적 진단

관절경적 진단을 시행하여 전방십자인대의 가성 이완(Pseudolaxity) 소견과 탐침자(Probe)를 이용하여 후방십

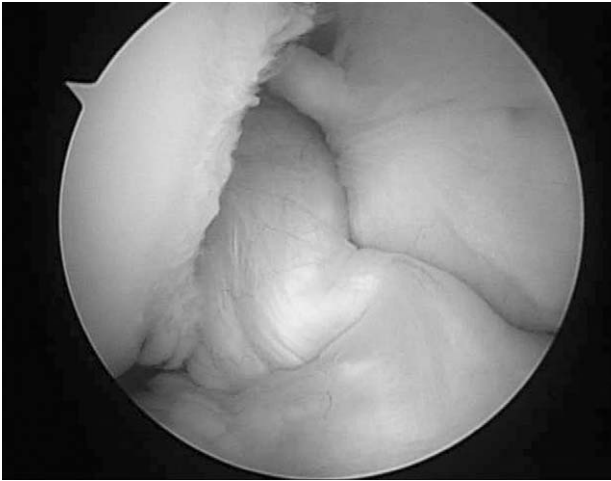


Fig. 3. Pseudolaxity of anterior cruciate ligament.

자인대 손상을 확인하고, 동반 손상이 있을 경우 이에 대한 치료를 시행한다(Fig. 3). 관절경의 삽입구는 전내측(anteromedial)과 전외측(anterolateral)의 두 가지를 주로 사용하였고 필요 시 후내측(Posteromedial) 삽입구를 사용한다.

2. 이식건의 선택 및 준비

이식건을 선택하는 것은 손상의 정도와 수술적 시기, 술자의 경험에 따라서 매우 여러 요인들이 작용한다. 저자들은 공여부의 손상이 없고, 수술 시간이 짧아지고 피부의 절개도 적고, 수술 후 통증 및 강직 또한 감소한다는 장점을 높게 평가하여 아킬레스 동종건을 사용하였다. 그러나 환자들에게 동종건을 사용하여 발생하는 고가의 비용, 이식건 활성화의 지연 그리고 질병전파 가능성 등의 단점을 알려야 한다.

신선 동결 아킬레스 동종건을 대퇴부에 고정할 25 mm 길이와 10 mm 두께의 골편(bone plug)과 이에 각각 8, 7 mm 두께의 이중고리 아킬레스건이 연결되도록 만든 후 Vicryl로 건의 양면을 맞물리게 고리형 봉합(interlocking loop suture)을 하였다. 전외측 다발은 직경 8 mm, 후내측 다발은 직경 7 mm로써 준비하였으며, 두 다발이 골편에서부터 10 mm 정도까지는 공통건을 이루어 Y형태가 되도록 매듭을 하였다(Fig. 4A).

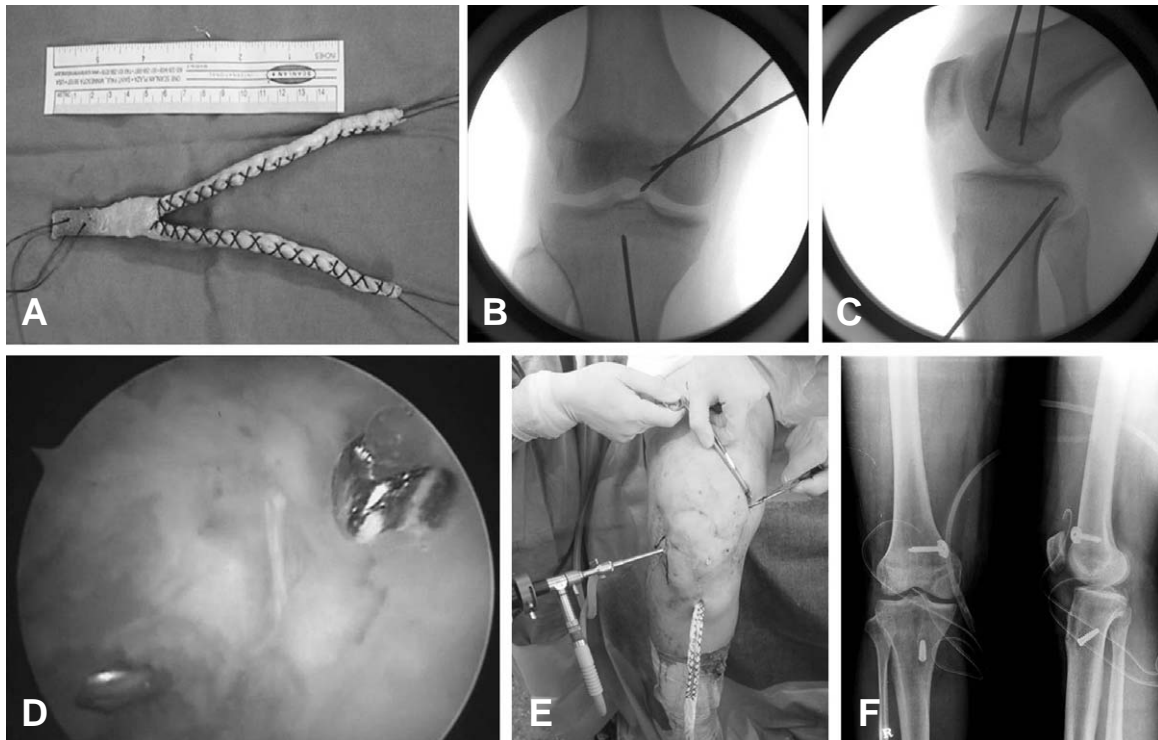


Fig. 4. (A) Tibial bone plug 10 × 25 mm, Y-shaped 2 bundles was showed. (B) Tibial tunnel formed on foot print of PCL and femoral 2 tunnel formed on direction of 1, 3 o'clock using outside-in-technique. (C) After tibial tunnel was formed, last reaming was used for bare hand technique to prevent neurovascular injury (D) Posteromedial & anterolateral tunnels were located keeping 7 mm gap to prevent jamming between the two tunnels (E) After locating the two bundles with bone plug at tibial insertion site, it was passed on to proximal. (F) Finally, two bundles are fixed at femoral site by using Bioscrew, screw and washer.

3. 경골터널 형성

경골 고평부에서 1 cm 하방과 후방 경골 경사의 중간 1/3 부위인 후방십자인대의 해부학적 부착 부위(foot print)부위에 삽입각도 55도의 후방십자인대 경골 도자(PCL tibial guide)를 위치시킨 뒤 도자핀(guide pin)을 삽입시키고, 방사선영상 증폭 장치 하에 10 mm 직경의 확공기(reamer)를 이용하여 도자핀을 따라 경골터널을 만들었고, 마지막 관절 천공은 신경 및 혈관 손상을 방지하기 위해 도수적으로 시행하였다(Fig. 4B, C).

4. 대퇴터널 형성

손상된 후방십자인대는 내측 대퇴과 부착부위의 잔여 부분을 reference point로 이용하며, 재건술 후 재형관화에 따른 감각신경회복과 이식건 치유를 도모하기 위해 잔여 부분을 보존하도록 노력하였다.

대퇴골 터널은 outside in 방법을 사용하여 별도의 3 cm 내측 절개로 내측 광근(Vastus medialis)을 확인한 후 상외측으로 제치고, 원위 대퇴골 내과 근위부에 90도로 맞춰진 대퇴골 도자(PCL femoral guide)는 전내측 삽입구를 이용하여 위치시키고, 전외측 다발의 위치는 후방십자인대 foot print의 중간-원위 1/3 위치인 11시 방향(좌측 슬관절 기준, 우측은 1시 방향)에 후내측 다발의 위치는 중간-중간 1/3인 9시 방향(우측은 3시 방향)으로 하여(Fig. 4B, C) 각각 8 mm 와 7 mm 확공기를 이용하여 터널을 형성하였다(Fig. 4D).

5. 이식물의 통과와 고정

이식건을 관절 내로 통과시킬 때에는 관절 내에서 전외측 다발과 후내측 다발의 꼬임을 방지하기 위해, 미리 대퇴 터널 부위를 통과시켜 관절 내 후방으로 밀어 넣어둔 두 개의 고리형 강선(wire loop)을 찾아 이식건의 근위부를 연결하여 후내측 다발과 전외측 다발 순으로 통과시켰다(Fig. 4E). 경골 부위는 이식건의 골면 부위를 직경 8 mm의 간섭 나사못(interference screw)을 이용하여 고정하였으며, 대퇴골은 두 다발에 각각 긴장을 준 상태에서 슬관절의 굴곡 및 신전의 근위 경골 전방 스트레스와 함께 전외측 다발을 대퇴 내과의 피질골 부위에 7 mm의 생체 흡수성 간섭 나사못(bioabsorbable screw)을 이용하여 고정하였고, 후내측 다발은 슬관절 완전 신전위에서 같은 방법으로 고정한 뒤 이식건을 다시 screw와 washer를 이용하여 고정하였다(Fig. 4F).

요 약

후방십자인대 손상의 이상적 치료는 아직까지도 확립되지 않았다. 과거 몇 십 년간 후방십자인대에 대한 지식과 슬관절

안정성에 대한 후방십자인대의 생역학에 대한 지식이 증가하였다. 특히 이중 다발에 대한 지식이 증가하고 이러한 모든 노력들은 후방십자인대의 해부학적인 특징을 최대한 복원하기 위해 이루어졌다. 재건술의 수술 방법은 특정 손상 양상에 따라 그에 맞게 이루어지는데 만성 손상의 경우나 remnant가 거의 존재하지 않는 경우에는 이중 다발을 재건하는 것이 만족스러운 결과를 보인다. 아직까지 이중 다발 후방십자인대 재건술의 결과에 대해서는 논란이 많은 것은 사실이나 장기 추시가 가능해지면 이중 다발 후방십자인대 재건술이 해부학적으로나 생역학적으로 더욱 정상에 가깝기 때문에 더 나은 장기적 결과를 보여줄 것으로 예상된다.

REFERENCES

1. Hughston JC, Andrews JR, Cross MJ, Moschi A. Classification of knee ligament instabilities. Part II. The lateral compartment. *J Bone Joint Surg Am.* 58;173-9:1976.
2. Castle TH Jr, Noyes FR, Grood ES. Posterior tibial subluxation of the posterior cruciate-deficient knee. *Clin Orthop Relat Res.* 284;193-202:1992.
3. Clancy WG Jr, Shelbourne KD, Zoellner GB, Keene JS, Reider B, Rosenberg TD. Treatment of knee joint instability secondary to rupture of the posterior cruciate ligament. Report of a new procedure. *J Bone Joint Surg Am.* 65;310-22:1983.
4. Keller PM, Shelbourne KD, McCarroll JR, Rettig AC. Nonoperatively treated isolated posterior cruciate ligament injuries. *Am J Sports Med.* 21;132-6:1993.
5. Harner CD, Xerogeanes JW, Livesay GA, et al. The human posterior cruciate ligament complex: An interdisciplinary study. Ligament morphology and biomechanical evaluation. *Am J Sports Med.* 23;736-45:1995.
6. Gupte CM, Bull AM, Thomas RD, Amis AA. The menis-cofemoral ligaments: Secondary restraints to the posterior drawer. Analysis of anteroposterior and rotary laxity in the intact and posterior-cruciate-deficient knee. *J Bone Joint Surg Br.* 85;765-73:2003.
7. Butler DL, Noyes FR, Grood ES. Ligamentous restraints to anterior-posterior drawer in the human knee: A biomechanical study. *J Bone Joint Surg Am,* 62;259-70:1980.
8. Veltri DM, Deng XH, Torzilli PA, Warren RF, Maynard MJ. The role of the cruciate ligaments in stability of the knee. A biomechanical study. *Am J Sports Med.* 23;436-43:1995.
9. Fox RJ, Harner CD, Sakane M, Carlin GJ, Woo SL. Determination of the in situ forces in the human posterior cruciate ligament using robotic technology. A cadaveric study. *Am J Sports Med.* 26;395-401:1998.
10. Harner CD, Janaushek MA, Kanamori A, Ma CB, Vogrin

- TM, Woo SL. Effect of knee flexion angle and tibial position during graft fixation on the biomechanics of a PCL reconstructed knee. *Trans Orthop Res Soc.* 24;23:1999.
11. Harner CD, Jansushek MA, Kanamori A, Yagi M, Vogrin TM, Woo SL. Biomechanical analysis of a double-bundle posterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 28;144-51:2000.
 12. Dandy DJ, Pusey RJ. The long-term results of unrepaired tears of posterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Br.* 64;92-4:1982.
 13. Cross MJ, Powell JF. Long-term follow up of posterior cruciate ligament rupture: A study of 116 cases. *Am J Sports Med.* 12;292-7:1984.
 14. Torg JS, Barton TM, Pavlov H, Stine R. Natural history of posterior cruciate deficient knee. *Clin Orthop Relat Res.* 246;208-16:1989.
 15. Shelbourne KD, Davis TJ, Patel DV. The natural history of acute, isolated, nonoperatively treated posterior cruciate ligament injuries: A prospective study. *Am J Sports Med.* 27;276-83:1999.
 16. Dejour H, Walch G, Peyrot J, Eberhard P. The natural history of rupture of the posterior cruciate ligament. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 74;35-43:1988.
 17. Boynton MD, Tietjens BR. Long-term followup of the untreated isolated posterior cruciate-deficient knee. *Am J Sports Med.* 24;306-10:1996.
 18. Harner CD, Hoher J. Evaluation and treatment of posterior cruciate injuries. *Am J Sports Med.* 26;471-82:1998.
 19. Berg EE. Posterior cruciate ligament tibial inlay reconstruction. *Arthroscopy.* 11;69-76:1995.
 20. Morgan CD, Kalman VR, Grawl DM. The anatomic origin of the posterior cruciate ligament: where is it? Reference landmarks for PCL reconstruction. *Arthroscopy.* 13;325-31:1997.
 21. Race A, Amis AA. PCL reconstruction. In vitro biomechanical comparison of 'isometric' versus single and double-bundled 'anatomic' grafts. *J Bone Joint Surg Br.* 80;173-9:1998.