



## 이중 다발 전방 십자 인대 재건술

가천의과대학교 길병원 정형외과학교실

이범구 · 심재양

### 서 론

전방 십자 인대 파열의 치료로 주로 단일 다발 전방 십자 인대 재건술(single bundle anterior cruciate ligament reconstruction)이 시행되어 왔다. 하지만 최근 여러 역동적인 조사를 통해 생역학적으로 기존의 단일 다발 전방 십자 인대 재건술 후 회전 불안정성이 있음이 보고되었고<sup>6,12,14,15,20,22,24,25,29</sup>, 이러한 회전 불안정성으로 인해 운동 복귀도 안 되고, 지속적인 퇴행성 관절염도 유발됨이 알려졌다<sup>33</sup>. 이를 개선하기 위해 이중 다발 전방 십자 인대 재건술(double bundle anterior cruciate ligament reconstruction)이 많이 개발되어 보고되었으나, 이중 다발 전방 십자 인대 재건술도 정확히 해부학적 위치에 시행하지 않으면 안정성, 특히 회전 안정성을 얻을 수 없으므로 정확한 위치로의 이중 다발 전방 십자 인대 재건술이 필요하다<sup>30</sup>. 저자는 전방 십자 인대의 해부학적 위치를 논하고, 이중 다발 전방 십자 인대 재건술의 우월성을 생역학적, 임상적, 생물학적으로 기술하고, 이중 다발 전방 십자 인대 재건술시 터널 형성을 위한 도단법에 관하여 논하고, 정확한 이중 다발 전방 십자 인대 재건술을 위한 저자의 경험을 약속하고자 한다.

### 본 론

#### 1. 전방 십자 인대의 해부학

전방 십자 인대의 전내측 다발은 길이 37.7 mm, 폭 8.5 mm이며, 후외측 다발은 길이 20.7 mm, 폭 7.7 mm로 알려져 있다<sup>30</sup>. 전방 십자 인대의 부착 부위는 해부학적 기준, 방사선상 기준, 관절경상 기준으로 알 수 있다. 해부학적으로 대퇴 부착 부위는 전내측 다발이 대퇴골의 외측 이분 융기선(lat-

eral bifurcate ridge) 뒤에 위치하고, 후외측 다발은 외측 이분 융기선의 앞에 위치한다<sup>30</sup>. Yasuda 등<sup>30</sup>은 대퇴 부착 부위의 전내측 다발이 대퇴 후방보다 5 mm 원위부에, 후외측 다발은 슬관절 90도 굴곡 상태에서 대퇴골과 경골이 만나는 점에서 수직으로 선을 그어 연골 끝 부분부터 5 내지 8 mm 앞쪽에 위치하고, 경골 부착 부위는 후외측 다발이 후방 십자 인대로부터 5 mm 앞 경골 극(tibial eminences) 사이에 있고, 전내측 다발은 그보다 7 mm 전방에 위치한다고 보고하였다. Zantop 등<sup>31</sup>은 경골 부착 부위에서 전내측 다발의 중심이 외측 반월상 연골 전각 부위로부터 5.2 mm 내측, 2.7 mm 후방에 있고, 후외측 다발은 4.1 mm 내측, 11.2 mm 후방에 위치한다고 보고하였다.

대퇴 부착 부위의 중요한 표지자(landmark)로 이용되는 외측 과간 융기선(lateral intercondylar ridge)이 방사선 시상 면(sagittal plane)상으로는 Blumensaat 선의 79% 점에서 75.5도 내리는 위치에 있다<sup>31</sup>. 따라서 이 선 뒤에서 와 부(fossa)를 이분하면 전내측 다발과 후외측 다발의 중심점을 알 수 있다. 관상 면(coronal plane)상으로는 시계 개념으로 전내측 다발은 10시 40분에서 11시 방향, 후외측 다발은 3시 10분 방향에 위치한다고 하나, 이는 슬관절 굴곡 각도에 따라 위치가 달라질 수 있으며 해부학적 위치와 같은 판정을 하려면 prone kneeling view를 찍어야 하나, 수술시 촬영이 불가능하므로 관상 면보다는 시상 면 방사선 사진에 의존하여 판단하는 것이 더 좋을 것으로 사료된다<sup>32</sup>. 경골 부착 부위는 방사선 시상 면상으로 Colombet 등<sup>32</sup>은 Amis와 Jakob 선<sup>32</sup>의 36%에서 52%에 해당된다고 하였고, Zantop 등<sup>31</sup>은 Stäubli와 Rauschnig 측정 방법<sup>31</sup>에서 30%에서 44%에 해당된다고 하였다. 관절경상으로도 부착 부위를 알 수 있다. 관절경으로 부착 부위를 정확히 알려면 대퇴의 후방까지 정확히 보고 판정하여야 하는데, 전외측 구멍(portal)을 통해 관찰시 대퇴 후방까지 잘 보이지 않아 오류를 많이 낼 수 있으므로 전내측 구멍을 통해 대퇴 외과의 후방까지 정확히 관찰하는 것이 매우 중요하다. 각 다발의 잔유물(remnant)이 있으면 잔유물의 중심을 기준으로 하면 되나, 많은 경우 잔유물이 남아있지 않다. 이 경우 전내측 다발의 부착 부위는 대퇴골의 외측 이분 융기선 뒤에 위치하고 있고, 후외측 다발의 부착

\* Address reprint request to

Beom Koo Lee, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Gil Medical Center, Gachon University

1198 Kuwol-dong, Namdong-gu, Incheon, Korea

Tel: 82-32-460-3384, Fax: 82-32-468-5437

E-mail: bklee@gilhospital.com

부위는 외측 이본 용기선 앞에 위치한다는 점을 착안하여 이 본 용기선을 확인 후 각각의 다발 중심을 정할 수 있다. 또한 두 다발의 중심점은 슬관절 102도 굴곡시 평행해진다는 점을 이용하면 더욱 더 확실히 알 수 있다<sup>27)</sup>.

## 2. 이중 다발 전방 십자 인대 재건술의 우월성

### 1) 생역학적 관점

전방 십자 인대는 태아(fetus)에서 전내측 다발과 후외측 다발이 뚜렷히 구분되며<sup>28)</sup>, 각각의 다발이 슬관절의 굴곡 각에 따라 받는 긴장도가 달라 전내측 다발은 굴곡에서, 후외측 다발은 신전시 최대 부하를 받으므로 그 기능이 다르다고 할 수 있다<sup>29)</sup>.

Sonoda 등<sup>30)</sup> 자기공명영상 추사에서 pivot shift 검사 양성 군에서 후외측 다발의 신호 증가가 있다고 하였고, Zantop 등<sup>31)</sup>은 사체 실험에서 후외측 다발을 절제하고 회전력 부하시 불안정성이 증가함을 보고하여, 후외측 다발이 회전 안정성에 기여하고 있음이 알려졌다. Belisle 등<sup>32)</sup>은 사체에서 전방 십자 인대에 긴장을 알 수 있는 differential variable reluctance transducers (DVRTs)를 부착시킨 실험에서 단일 다발 전방 십자 인대 재건술시 전내측 다발의 긴장형(strain pattern)만 보이고 후외측 다발의 기능은 거의 없고, 이중 다발 전방 십자 인대 재건술시는 원래의 전방 십자 인대의 긴장형에 가깝게 긴장됨을 보고 하였다. Georgoulis 등<sup>33)</sup>도 6개의 사진기를 이용한 optoelectronic system을 이용한 검사로 단일 다발 전방 십자 인대 재건술시 경골의 내회전이 더 일어남을 보고하였고, Dual-orthogonal fluoroscopic system을 이용한 Papannagari 등<sup>34)</sup>, radiostereophotogrammetric analysis (RSA) system을 이용한 Tashman 등<sup>35)</sup>도 슬관절 굴곡 30도 이상에서 단일 다발 전방 십자인대 재건술시 외회전이 더 됨을 보고하였다.

Lie 등<sup>36)</sup>도 electromagnetic (EM) navigation을 이용한 실험에서 단일 다발 전방 십자 인대 재건술시 긴장을 많이 주어도 pivot shift가 없어지지 않음을 보고하였고, 그 외 많은 저자들이 navigation을 이용한 실험에서 단일 다발 전방 십자 인대 재건술시 회전 불안정성이 있음을 보고하였고, 이중 다발 전방 십자 인대 재건술은 거의 정상에 가까운 회전 안정성이 있음을 보고하였다<sup>6,14,20,22,23,32)</sup>. Morimoto 등<sup>22)</sup>은 단일 다발 전방 십자 인대 재건술시 전외측 및 후내측 관절면에 압력이 증가하고 이중 다발 전방 십자 인대 재건술시 거의 정상에 가깝게 압력 분포가 일어남을 보고하여 이중 다발 전방 십자 인대 재건술이 관절염 측면에서도 유리함을 보고하였다.

### 2) 생물학적 관점

Kondo와 Yasuda<sup>17)</sup>는 이중 다발 전방 십자 인대 재건술 후 이차적 관절경상 긴장도와 활액막 형성을 기준으로 할 때 전내측 다발의 3.8%, 후외측 다발의 3% 만이 불량인 우수한 결과를 보고하였다. 저자도 자기공명영상 추에서의 이식전 신호 강도 및 긴장도, 이차적 관절경상 긴장도, 활액막 형성 면에서 좋은 결과를 경험하였다(Fig. 1).

### 3) 임상적 관점

임상적으로 슬관절에 회전 불안정이 있는 경우 증상과 기능에 영향을 주며<sup>11,13)</sup>, 지속적인 회전 불안정은 내측 관절면에 전단(shear)을 일으켜 관절염을 유발할 수 있다<sup>21,39)</sup>.

여러 저자들에 의해 이중 다발 전방 십자 인대 재건술시 전방 및 회전 안정성이 우월함이 보고되었으나 임상적 평가는 단일 다발 전방 십자 인대 재건술과 이중 다발 전방 십자 인대 재건술이 통계상 의미있는 차이를 보이지 않는다고 보고하였다<sup>1,16,18,37)</sup>.

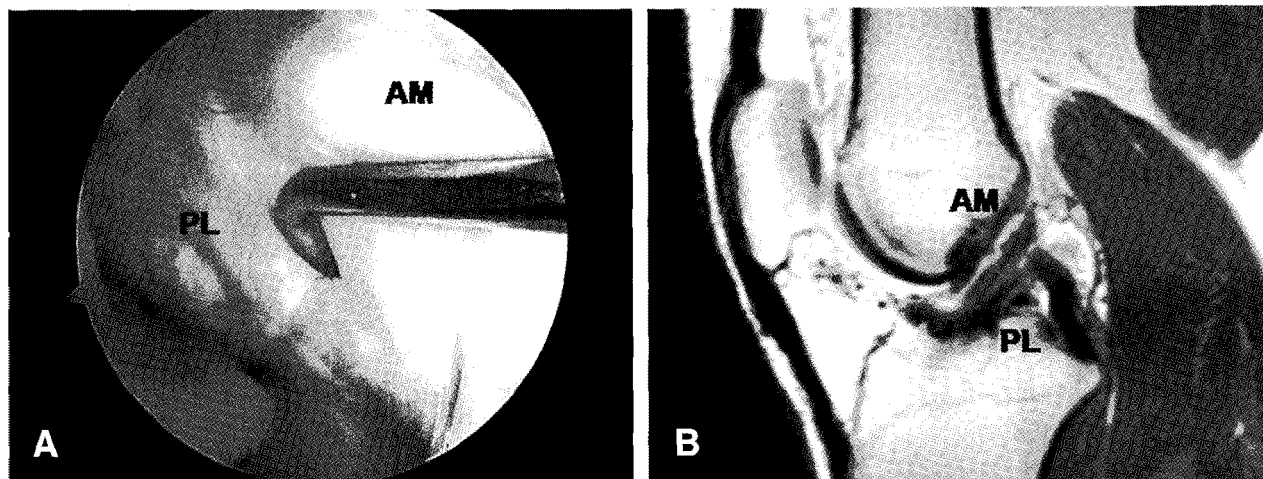


Fig. 1. The arthroscopic finding showed well-synovialized and apparent tensioned ACL graft (A). Follow-up MRI finding revealed well-visualized different bundles and low-intensity signals (B).

### 3. 수술 술기

#### 1) 대퇴 터널 형성을 위한 접근법

대퇴 터널 형성을 위한 접근법으로는 경경골 술식 (transtibial technique), 전내측 구멍 (anteromedial portal)을 통한 술식, Outside-in 술식이 있다. 이 중 많이 이용되고 있는 경경골 술식의 경우 Fu 등<sup>10)</sup>은 대퇴 터널을 정확한 자리에 위치시키기가 매우 어려워 전내측 경경골 술식을 이용하는 경우 단지 3%만이 해부학적 위치에 전내측 터널을 위치할 수 있다 하였고, 전내측 구멍을 통한 술식은 99%에서 해부학적 위치로 전내측 터널을 만들 수 있다 하였다<sup>11,12)</sup>. 그러나 전내측 구멍을 통한 술식도 대퇴 터널을 정확한 자리로 위치시키기 어렵고, 굴곡을 적게 하여 시행시 외측에서 비골 신경 손상을 일으킬 수 있다<sup>13)</sup>. 저자의 경험으로는 전내측 구멍에 관절경을 위치시켜 대퇴 터널의 위치를 보며 Outside-in 술식으로 대퇴 터널을 형성하면 비록 대퇴부에 추가 절개의 단점은 있으나 비교적 쉽고, 위험성 없이 정확한 해부학적 위치에 대퇴 터널을 만들 수 있었다.

#### 2) 저자의 경험

##### (1) 적응증

저자는 활동이 왕성한 환자에서 전방 십자 인대 손상시 가능하면 이중 다발 전방 십자 인대 재건술을 하려고 하였다. 그러나 성장판이 남아 있는 소아나, 외측 인대 재건술을 동시에 요하는 경우, 근위 경골 절골술과 같이 시행 시에는 터널의 수를 줄이고자 단일 다발 전방 십자 인대 재건술을 시행하였다.

##### (2) 수술 술기

진단적 관절경을 시행하여 전방 십자 인대 파열을 확인 후 슬슬건을 채취하여, 전내측 이식전으로 반건양건을, 후외측 이식전으로 박건을 이용하였다. 전내측 다발은 반건양건을 3-4점으로, 후외측 다발은 박건을 4점으로 만든 후, 5-0 Ethibond 봉합사를 이용하여 말단 매듭 (terminal tie)과 견인 매듭 (tension tie)의 이중 매듭 (double tie)을 만들었다. 직경은 전내측 다발이 대부분 8 mm였고, 후외측 다발이 대부분 7 mm였으며, 길이는 전내측 다발이 대부분 8 cm에서 10 cm였고 후외측 다발이 5 cm에서 7 cm였다. 대퇴, 경골 터널 내 삽입되는 이식건의 길이는 골 유착 (osteointegration)을 위해 2 cm를 목표로 하였으며, 최소 1 cm 이상 삽입 되도록 하였다. 매듭을 만든 슬슬건은 전긴장 (pretensioning)을 준 후 재건술을 시행하기 전까지 긴장을 유지하였다.

남아 있는 전방 십자 인대를 제거 후 과간 절흔의 협착이 있는 경우에만 절흔 성형술 (notchplasty)을 시행하였으며 대부분의 경우는 절흔 성형술이 필요하지 않았다. Outside-in 술식을 위해 외상과 (lateral epicondyle)의 근위부로 약 2 내지 3 cm를 절개하고 외측 광근 (vastus lateralis) 및 관절낭을 상방으로 견인하여 유도핀 (guide pin)이 삽입될 공간을 확보하였다 (Fig. 2). 유도핀 삽입시 전내측 다발은 슬관절을

70도 굴곡 상태에서, 후외측 다발은 90도 굴곡 상태에서 관절경을 전내측 구멍에 위치시키고 70도 유도관 (guide)을 중앙 구멍 (central portal)에 위치시킨 후 각각의 다발의 잔유물 (remnant)의 중앙점을 목표로 Outside-in 술식을 이용하여 유도핀을 삽입하였다. 두 다발의 유도핀의 위치는 여러 가지 기준을 복합하여 결정하였다. 전내측 다발의 유도핀은 전내측 다발 잔유물의 중앙이거나, 잔유물이 없을 때는 외측 과간 융기선 후방의 외부 중에서 외측 이분 융기선의 후방에 있는 외부의 중앙, 절흔의 후방 경계에서 약 6 mm 전방, 10시나 2시 방향에 위치하였고, 후외측 다발의 유도핀은 후외측 다발 잔유물의 중앙, 외측 이분 융기선의 전방에 있는 외부의 중앙, 90도 굴곡 상태에서 경골과 맞닿는 수직선상에서 관절연골의 가장 자리에서 약 5 내지 8 mm 상방, 9시나 3시 방향에 위치하였다 (Fig. 3). 또한 전내측 구멍에서 관절경으로 관찰시 90도 굴곡 상태에서 두 유도핀이 관절면에 대해 거의 평행하도록 하였다. 이는 만성 손상의 경우 잔유물이 없거나 절흔 협착이 있어 절흔 성형술을 시행하는 경우 전내측 다발과 후외측 다발의 위치를 결정하는데 주로 이용하였다. 경골 터널은 40도 유도관을 이용하여 전내측 다발의 유도핀은 잔유물의 전내측에, 후외측 다발의 유도핀은 후외측에 위치하도록 하였다. 후외측 다발의 유도핀은 경골 극 사이의 후방, 후방 십자 인대의 5 mm 전방에 위치하도록 하였으며, 전내측 다발의 유도핀은 후외측 유도핀보다 8 mm 전방, 경골 내극의 앞쪽 연장선의 내측에 위치하도록 하였다 (Fig. 3). 경골의 터널의 입구는 전내측 다발의 경우 경골 절전의 내측에, 후외측 다발의 경우 내측 측부 인대 바로 앞에 위치하였다. 유도핀 삽입 후 영상 증강기 (image intensifier)를 이용하여 위치를 확인하였다 (Fig. 4). 유도핀의 적절한 위치 여부 확인 후 이식건의 굵기에 맞는 크기의 확공기로 Outside-in 술식으로 확공 (reaming) 하여 터널 형성 후 펀치 (punch)를 이용하여 Ligament Plate<sup>®</sup>가 삽입될 공간을 만들었다<sup>14)</sup>. 비록 얇은

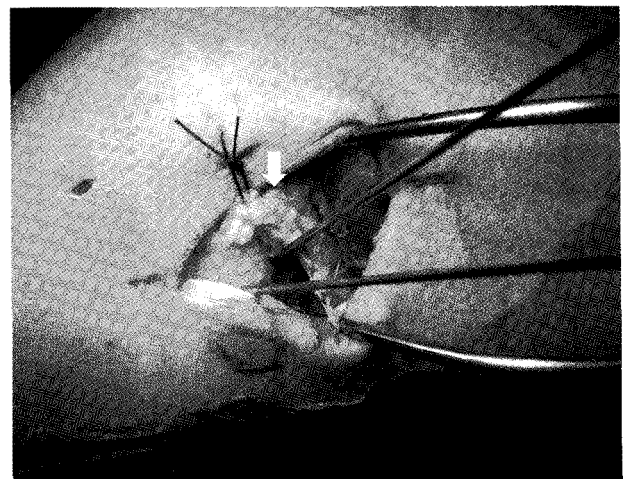


Fig. 2. We retracted the vastus lateralis muscle and the synovium (arrow) upward for the place of femoral guide pins.

철사를 대퇴 터널과 경골 터널을 먼저 통과시킨 후 철사에 이식건을 매달아 통과시켰다. 이 때 이식건의 대퇴부 굽기가 경골부보다 굽은 경우 대퇴 터널에서 경골 터널 방향으로 통과시키고, 경골부 굽기가 대퇴부보다 굽은 경우 경골 터널에서 대퇴 터널 방향으로 통과시켜 이식건과 터널 간의 부조화 (mismatching)을 줄이고자 노력하였다. 대퇴부에서 전내측 다발은 이식건을 직접 Ligament Plate®에 현수 고정하였

고, 후외측 다발은 2개의 Mersilene tape® (Ethicon Inc, Somerville, USA)을 이용하여 Ligament Plate®에 걸어 고정하였다. Ligament Plate®는 감압(impaction) 후 나사 고정을 시행하였다. 경골부의 고정은 6.5 mm 해면골 나사 (cancellous screw)와 와셔(washer)를 이용하여 전인 매듭을 미리 묶은 후 나사에 걸어 원위부 방향으로 고정하여 긴장을 준 후 말단 매듭을 시행하여 이중 고정을 하였다. 고정시

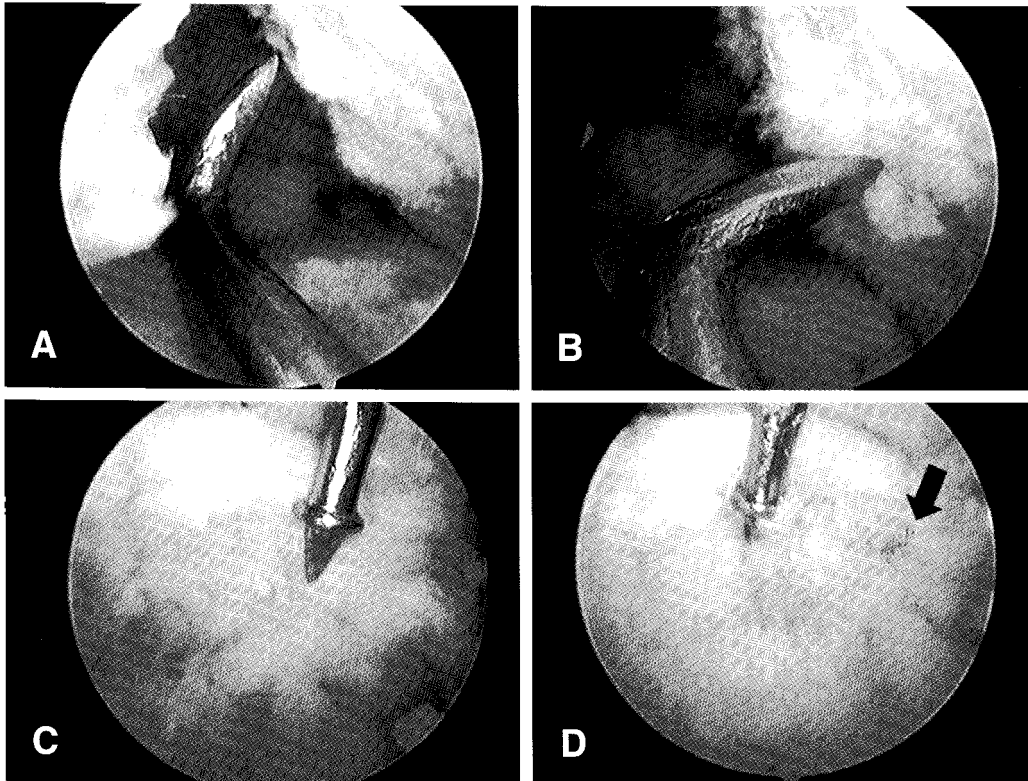


Fig. 3. We inserted the femoral anteromedial (A) and posterolateral (B) guide pins to the center of remnants with outside-in technique. The tibial guide pin of posterolateral bundle was placed the area between tibial eminences (C) and that of anteromedial bundle the point approximately 8 mm anteromedial to the tibial guide pin of posterolateral bundle (arrow) (D).

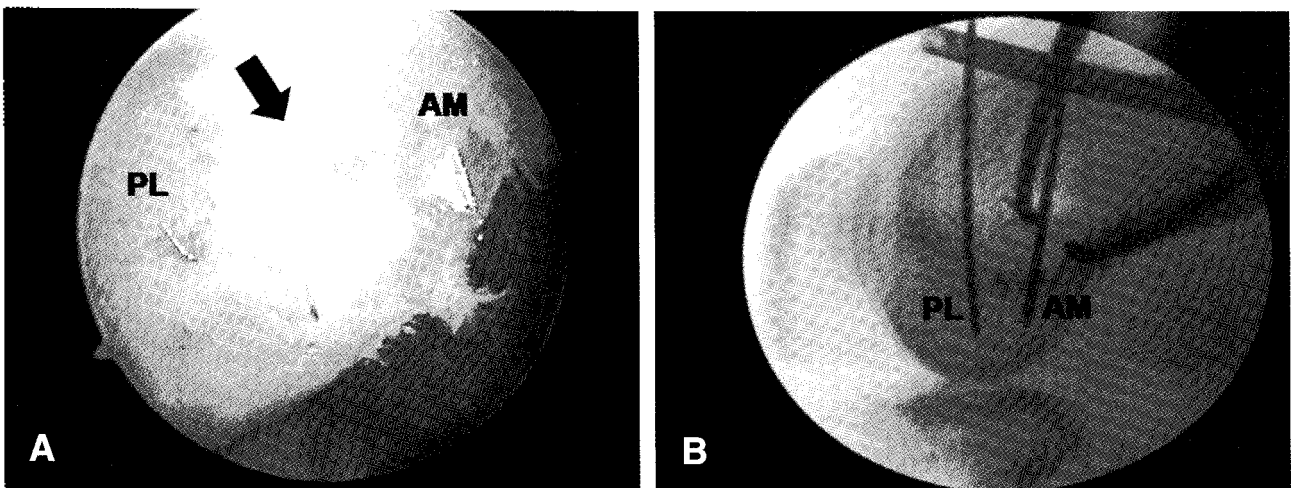


Fig. 4. Both femoral anteromedial and posterolateral guide pins were positioned anterior and posterior to the lateral bifurcate ridge (arrow) respectively (A). And then we checked out the position of guide pins by image intensifier (B).

습관전은 약 15도 굴곡 상태를 유지하였다.

(3) 결과

본 저자는 2005년 10월부터 2007년 8월까지 이중 다발 전방 십자 인대 재건술을 시행한 103예 중 동반 손상이 없었던 50예의 결과를 보고한 바 있다<sup>29)</sup>. 이중 다발 전방 십자 인대 재건술의 최소 1년 이상 추사에서 임상적 결과는 Lysholm 점수가 평균 92.4±6.8점, IKDC 점수가 A 등급 35예(70.0%), B 등급 14예(28%), C 등급 1예(2%)로 호전되었다. 불안정성 검사에서 Lachman 검사는 음성 40예(80%), 경도 양성 9예(18%), 중등도 양성 1예(2%)의 결과를 보였고, pivot shift 검사는 음성 45예(90%), 경도 양성 5예(10%)의 결과를 보였으며, KT 2000 관절계 검사는 건측에 비해 1.3±1.6 mm의 차이를 보여 임상적으로도 우수할 뿐 아니라 안정성에서도 우수한 결과를 경험하였다. 다만 이중 다발 전방 십자 인대 재건술에서 가장 중요한 pivot shift 검사를 객관적 정량화할 수 없었던 것은 한계점으로 사료되었다.

결 론

Outside-in 술식을 이용한 이중 다발 전방 십자 인대 재건술은 해부학적으로 터널을 만들기 쉽고, 회전 안정성이 뛰어나 높은 스포츠 복귀율, 적은 퇴행성 관절염이 기대되나 장기 추시가 요할 것으로 사료된다.

REFERENCES

- 1) Aglietti P, Giron F, Cuomo P, Losco M and Mondanelli N: Single-and double-incision double-bundle ACL reconstruction. *Clin Orthop Relat Res*, 2007;454: 108-113.
- 2) Amis AA and Jakob RP: Anterior cruciate ligament graft positioning, tensioning and twisting. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 1998;6 Suppl:2-12.
- 3) Belisle AL, Bicos J, Geaney L, et al.: Strain pattern comparison of double- and single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction techniques with the native anterior cruciate ligament. *Arthroscopy*, 2007;23: 1210-1217.
- 4) Cohen M, Amaro JT, Ejnisman B, et al.: Anterior cruciate ligament reconstruction after 10 to 15 years: association between meniscectomy and osteoarthritis. *Arthroscopy*, 2007;23: 629-634.
- 5) Colombet P, Robinson J, Christel P, et al.: Morphology of anterior cruciate ligament attachments for anatomic reconstruction: a cadaveric dissection and radiographic study. *Arthroscopy*, 2006;22: 984-992.
- 6) Colombet P, Robinson J, Christel P, Franceschi JP and Djian P: Using navigation to measure rotation kinematics during ACL reconstruction. *Clin Orthop Relat Res*, 2007;454: 59-65.
- 7) Farrow LD, Gillespie RJ, Victoroff BN and

- Cooperman DR: Radiographic location of the lateral intercondylar ridge: its relationship to Blumensaat's line. *Am J Sports Med*, 2008;36: 2002-2006.
- 8) Ferretti M, Ekdahl M, Shen W and Fu FH: Osseous landmarks of the femoral attachment of the anterior cruciate ligament: an anatomic study. *Arthroscopy*, 2007;23: 1218-1225.
- 9) Ferretti M, Levicoff EA, Macpherson TA, Moreland MS, Cohen M and Fu FH: The fetal anterior cruciate ligament: an anatomic and histologic study. *Arthroscopy*, 2007;23: 278-283.
- 10) Fu FH, Shen W, Starman JS, Okeke N and Irrgang JJ: Primary anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: a preliminary 2-year prospective study. *Am J Sports Med*, 2008;36: 1263-1274.
- 11) George MS, Dunn WR and Spindler KP: Current concepts review: revision anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*, 2006;34: 2026-2037.
- 12) Georgoulis A, Ristanis S, Chouliaras V, Moraiti C and Stergiou N: Tibial rotation is not restored after ACL reconstruction with a hamstring graft. *Clin Orthop Relat Res*, 2007;454: 89-94.
- 13) Hall MP, Ryzewicz M, Walsh PJ and Sherman OH: Risk of iatrogenic injury to the peroneal nerve during posterolateral femoral tunnel placement in double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*, 2009;37: 109-113.
- 14) Ishibashi Y, Tsuda E, Fukuda A, Tsukada H and Toh S: Intraoperative biomechanical evaluation of anatomic anterior cruciate ligament reconstruction using a navigation system: comparison of hamstring tendon and bone-patellar tendon-bone graft. *Am J Sports Med*, 2008;36: 1903-1912.
- 15) Kim DK and Park WH: Clinical measurement of muscle strength and laxity in relation to dynamic postural stability in anterior cruciate ligament deficient knees. *J Kor Sports Med*, 2007;25: 92-97.
- 16) Kim SJ, Jo SB, Kumar P and Oh KS: Comparison of single- and double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction using quadriceps tendon-bone autografts. *Arthroscopy*, 2009;25: 70-77.
- 17) Kondo E and Yasuda K: Second-look arthroscopic evaluations of anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: relation with postoperative knee stability. *Arthroscopy*, 2007;23: 1198-1209.
- 18) Kondo E, Yasuda K, Azuma H, Tanabe Y and Yagi T: Prospective clinical comparisons of anatomic double-bundle versus single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction procedures in 328 consecutive patients. *Am J Sports Med*, 2008;36: 1675-1687.
- 19) Lie D, Bull A and Amis A: Persistence of the mini pivot

- shift after anatomically placed anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin Orthop Relat Res*, 2007;457: 203-209.
- 20) **Logan MC, Williams A, Lavelle J, Gedroyc W and Freeman M:** Tibiofemoral kinematics following successful anterior cruciate ligament reconstruction using dynamic multiple resonance imaging. *Am J Sports Med*, 2004;32: 984-992.
  - 21) **Maffulli N, Binfield PM and King JB:** Articular cartilage lesions in the symptomatic anterior cruciate ligament-deficient knee. *Arthroscopy*, 2003;19: 685-690.
  - 22) **Morimoto Y, Ferretti M, Ekdahl M, Smolinski P and Fu FH:** Tibiofemoral joint contact area and pressure after single- and double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*, 2009;25: 62-69.
  - 23) **Morimoto Y, Ferretti M, Kaz R, Smolinski P and Fu F:** Double bundle ACL reconstruction better restores the tibiofemoral pressure and contact. *Arthroscopy*, 2007;23 Suppl:6-7.
  - 24) **Papannagari R, Gill TJ, DeFrate LE, Moses JM, Petruska AJ and Li G:** In vivo kinematics of the knee after anterior cruciate ligament reconstruction: A clinical and functional evaluation. *Am J Sports Med*, 2006;34: 2006-2012.
  - 25) **Pombo MW, Shen W and Fu FH:** Anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: where are we today? *Arthroscopy*, 2008;24: 1168-1177.
  - 26) **Sakane M, Fox RJ, Woo SL, Livesay GA, Li G and Fu FH:** In situ forces in the anterior cruciate ligament and its bundles in response to anterior tibial loads. *J Orthop Res*, 1997;15: 285-293.
  - 27) **Siebold R, Ellert T, Metz S and Metz J:** Femoral insertions of the anteromedial and posterolateral bundles of the anterior cruciate ligament: morphometry and arthroscopic orientation models for double-bundle bone tunnel placement-a cadaver study. *Arthroscopy*, 2008;24: 585-592.
  - 28) **Sim JA, Lee BK, Kwak JH and Lee KC:** A short term follow-up of anterior cruciate ligament reconstruction using hamstring tendon grafts fixed with Ligament Plate?. *J Korean Knee Society*, 2007;19: 237-243.
  - 29) **Sim JA, Yang SH, Ahn BK and Lee BK:** Short-term follow-up of double bundle ACL reconstruction using autogenous hamstring tendons fixed with Ligament Plate?. *J Korean Orthop Assoc*, 2009;44: 311-319.
  - 30) **Sonoda M, Morikawa T, Tsuchiya K and Moriya H:** Correlation between knee laxity and graft appearance on magnetic resonance imaging after double-bundle hamstring graft anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*, 2007;35: 936-942.
  - 31) **Staubli HU and Rauschning W:** Tibial attachment area of the anterior cruciate ligament in the extended knee position: anatomy and cryosections in vitro complemented by magnetic resonance arthrography in vivo. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 1994;2: 138-146.
  - 32) **Steckel H, Murtha P, Costic R, Moody J, Jaramaz B and Fu F:** Computer evaluation of kinematics of anterior cruciate ligament reconstructions. *Clin Orthop Relat Res*, 2007;63: 37-42.
  - 33) **Steckel H, Starman JS, Baums MH, Klinger HM, Schultz W and Fu FH:** Anatomy of the anterior cruciate ligament double bundle structure: a macroscopic evaluation. *Scand J Med Sci Sports*, 2007;17: 387-392.
  - 34) **Tashman S, Kolowich P, Collon D, Anderson K and Anderst W:** Dynamic function of the ACL-reconstructed knee during running. *Clin Orthop Relat Res*, 2007;454: 66-73.
  - 35) **Yagi M, Wong EK, Kanamori A, Debski RE, Fu FH and Woo SL:** Biomechanical analysis of an anatomic anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*, 2002;30: 660-666.
  - 36) **Yasuda K, Kondo E, Ichiyama H, et al.:** Anatomic reconstruction of the anteromedial and posterolateral bundles of the anterior cruciate ligament using hamstring tendon grafts. *Arthroscopy*, 2004;20: 1015-1025.
  - 37) **Yasuda K, Kondo E, Ichiyama H, Tanabe Y and Tohyama H:** Clinical evaluation of anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction procedure using hamstring tendon grafts: comparisons among 3 different procedures. *Arthroscopy*, 2006;22: 240-251.
  - 38) **Yoo JH, Yi SR and Son BK:** The prone kneeling view of the intercondylar notch for radiographic assessment of the femoral tunnel position in anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*, 2008;24: 465-471.
  - 39) **Zantop T, Diermann N, Schumacher T, Schanz S, Fu FH and Petersen W:** Anatomical and nonanatomical double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: importance of femoral tunnel location on knee kinematics. *Am J Sports Med*, 2008;36: 678-685.
  - 40) **Zantop T, Herbolt M, Raschke MJ, Fu FH and Petersen W:** The role of the anteromedial and posterolateral bundles of the anterior cruciate ligament in anterior tibial translation and internal rotation. *Am J Sports Med*, 2007;35: 223-227.
  - 41) **Zantop T, Wellmann M, Fu FH and Petersen W:** Tunnel positioning of anteromedial and posterolateral bundles in anatomic anterior cruciate ligament reconstruction: anatomic and radiographic findings. *Am J Sports Med*, 2008;36: 65-72.