

전방십자인대 재건술의 경향

윤 경 호

경희대학교 의과대학 정형외과학교실

전방십자인대 재건술의 최신 지견과 관련된 전반적인 내용, 즉 해부학, 생역학, 수술 방법 및 임상 결과를 문헌 고찰하였다. 전방십자인대 재건술에는 다양한 술기가 있으며 현재 널리 쓰이고 있는 방법으로는 단일 다발 재건술, 인대 잔유물 보존-보강술, 이중 다발 재건술 등이 있다. 이 중 어느 방법이 우월하다는 보고는 없으며, 각 술기의 장단점이 보고되고 있다. 따라서, 모든 환자에서 동일한 수술 방법을 선택하는 것보다는 환자 개개인의 특성, 손상의 정도 및 잔유 인대의 상태 등에 따라 재건술의 방법을 선택하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

색인 단어: 전방십자인대, 재건술, 최신 지견

서 론

전방십자인대 파열은 정형외과 스포츠 외상에서 가장 흔한 손상 중 하나이다. 전방십자인대 파열에 대해 주로 전내측 다발만을 재건하는 단일 다발 전방십자인대 재건술이 시행되어 여러 저자들이 비교적 좋은 결과들을 보고하고 있으나, 일부 저자들은 60%정도의 비교적 낮은 성공율을 보고하기도 한다³⁾. 전방십자인대 부전 시 불안정성은 전방 뿐 아니라 회전 불안정성이 동반되므로 이 두 가지를 모두 교정해야 한다⁴⁾. 그러나 이식건의 길이가 일정한 등척점에 재건하는 기존의 단일 다발 재건술이 비해부학적인 위치에 대퇴터널이 형성되고 회전 안정성에 대한 우려가 제기되면서 최근에는 대퇴터널을 해부학적인 위치에 만들려는 시도는 물론 전방십자인대를 이중 다발로 재건하려는 방법이 시도되고 있다. 여러 저자들에 의해 생역학적 및 임상적 결과들이 다양하게 보고되고 있으나 이중 다발 재건술이 단일 다발 재건술보다 우월성을 보이는지에 대해서는 아직까지 논란의 여지가 있다. 전방십자인대 재건술 시 단일 혹은 이중 다발 재건술의 장점과 단점에 대해서 알아보고 그 임상적 적용에 대해 고찰 해 본다.

1. 해부학

전방십자인대는 여러 개의 작은 다발들로 구성된 non-parallel collagen fascicle로 이루어져 있으며 활액막에 둘러싸여 있다⁷⁾. 중슬동맥이 주요 혈액 순환을 담당하며, 특히 전방십자인

대의 원위부는 내,외측 하슬동맥의 분지에 의해 혈액 순환이 이루어진다²⁴⁾. 1975년 Girgis 등¹¹⁾은 두 개의 다발로 구분되는 전방십자인대는 슬관절 신전 시 후외측 다발(Posterolateral bundle, PLB)이 긴장되고 굴곡 시 전내측 다발(Anteromedial bundle, AMB)이 긴장되는 양상을 보고하면서 경골 및 대퇴골 부착부에 대해 기술하였고(Fig. 1), 그 후 경골 부착부 위치에 따라 전내측 다발과 후외측 다발로 구분하는 것이 인정되고 있다. 전방십자인대의 경골 부착부는 고평부 상 외측 반월상 연골 전각의 내측부와 내측 경골극의 전외측부 사이의 움푹 패인 부위이며, 대퇴골 부착부는 외측 과간 융기선(lateral intercondylar ridge) 후방에 위치하고 전내측 다발이 대퇴골의 외측 이분 융기선(lateral bifurcate ridge) 근위부에, 후외측 다발은 외측 이분 융기선의 원위부에 위치한다(Fig. 2)⁹⁾. Zantop 등³¹⁾은 경골 부착부에서 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 위치하며 대퇴골 부착부는 슬관절 90도 굴곡 상태에서 후외측 다발은 원위 연골 경계에서 6.5 mm 근위부, 후방 연골 경계에서 5.8 mm 전방에 위치하고 전내측 다발은 원위 연골 경계에서 18.9 mm 근위부, 과간 절흔의 최상부에서 5.3 mm 후방에 위치한다고 하였다(Fig. 3).

2. 생역학

전방십자인대의 전내측과 후외측 다발은 슬관절 운동 각도에 따라 각각의 긴장도가 다르고 상호 관계를 유지한다. 즉, 굴곡 시 전내측 다발의 긴장도는 증가하고 후외측 다발의 긴장도는 감소하며 서로 교차하는 반면 신전 시에는 후외측 다발의 긴장도가 증가하고 전내측 다발의 긴장도는 감소하여 서로 평행한 위치에 놓이게 된다^{8,11)}.

Zantop 등³⁰⁾은 사체 실험에서 후외측 다발을 절제하고 회전

통신저자: 윤 경 호

서울특별시 동대문구 회기동 1
경희대학교 의과대학 정형외과학교실
TEL: (02) 958-8350 · FAX: (02) 964-3865
E-mail: Kyoungcho@khmc.or.kr

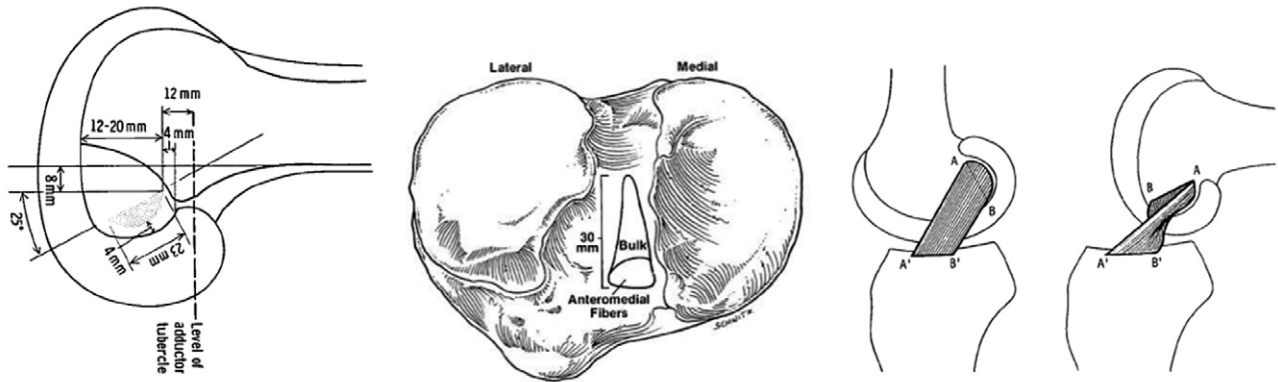


Fig. 1. ACL attachment site and different tension pattern of AM, PL bundle. (from Girgis FG, Marshall JL, Monajem A. The cruciate ligaments of the knee joint. Anatomical, functional and experimental analysis.)

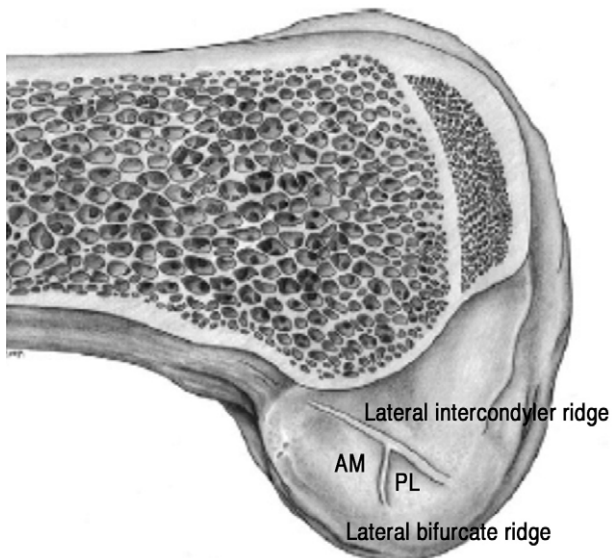


Fig. 2. The lateral wall of intercondylar notch. When the axis of the femur is parallel to the floor, the lateral bifurcate ridge runs antero-posterior, dividing the posterolateral and anteromedial femoral attachments, whereas the lateral intercondylar ridge runs proximo-distal along the entire anterior cruciate ligament attachment. (from Ferretti M, Ekdahl M, Shen W, Fu FH. Osseous Landmarks of the Femoral Attachment of the Anterior Cruciate Ligament: An Anatomic Study.)

력 부하했을 때 불안정성이 증가하여, 후외측 다발이 회전 안정성에 기여하고 있다고 보고하였으며, Sakane 등²²⁾은 전내측 다발의 긴장도는 대부분의 관절 운동 범위에서 비교적 일정하나 후외측 다발은 0~45도 굴곡 범위에서 전내측 다발보다 높은 긴장도를 보이고 특히 슬관절이 거의 신전된 상태에서는 전내측 다발에 비해 후외측 다발이 전방 안정성에 더욱 중요한 역할을 한다고 보고하며 두 다발이 서로 다른 양상을 보이지만 동등하게 중요한 역할을 한다고 보고하였다(Fig. 4).

단일 다발 재건술과 이중 다발 재건술의 생역학적 비교에 대

해 살펴보면, Yagi 등²⁶⁾은 두 재건술 모두 전방십자인대의 정상 생역학을 회복하지는 못하지만 이중 다발 재건술이 단일 다발 재건술에 비해 전방 전위에 대한 긴장도가 정상에 가깝고 외반 및 내회전력에 대해 30도에서의 긴장도가 유의하게 높아 회전력에 대해 우수함을 보고하였다. 그러나, Markolf 등¹⁶⁾은 모의 축 이동 검사를 통해 단일 다발 재건술로도 정상적인 슬관절 생역학의 회복이 가능하였으며, 이중 다발 재건술은 정상 수준보다 과도한 긴장도를 보여 과다 교정에 따른 임상적 결과에 대해 주목해야 한다고 하였고, 최근 Kondo 등¹⁵⁾도 해부학적 이중 다발 재건술, 해부학적 단일 다발 재건술, 비해부학적 단일 다발 재건술의 생역학적 비교를 시행한 사체연구에서 해부학적 이중 다발 재건술이 비해부학적 단일 다발 재건술에 비해서는 회전 불안정성에서 더 우수한 결과를 보였지만 해부학적 단일 다발 재건술과는 유의한 차이가 없었으며 대퇴 터널의 위치를 보다 외측으로(laterally placed) 시행하는 경우 단일 다발 재건술이 이중 다발 재건술과 유의한 차이가 없을 것이라고 하면서 보다 복잡한 이중 다발 재건술의 시행 필요성에 의문을 제기하였다.

3. 임상 결과

Zaricznyj³²⁾가 처음으로 이중 다발 재건술의 임상결과에 대해 보고하였는데 평균 3.6년 추시 상 14명의 환자 중 12명의 환자가 임상점수와 안정성에서 매우 우수한 결과를 보였다고 하였으며 Fu 등¹⁰⁾은 431명의 이중 다발 재건술군을 평균 2년 추시한 후 전방 안정성은 70%에서 정상, 28%에서 거의 정상, 회전 안정성은 94%에서 정상, 6%에서 거의 정상이었으며 환자의 주관적 만족도가 매우 우수하였고 활동도는 54%에서 정상, 33%에서 거의 정상이었으며 72%가 과격한 운동이 가능하였다고 하였다. 반면 Hamada 등¹²⁾은 160명의 환자를 2년간 추시한 후 양 군간에 임상점수와 대퇴근력, 안정성의 유의한 차이가 없었다고 하였고, Adachi 등¹¹⁾은 55명의 단일 다발 재건술군과 53명의 이중 다발 재건술군을 평균 32개월 추시하여 불안

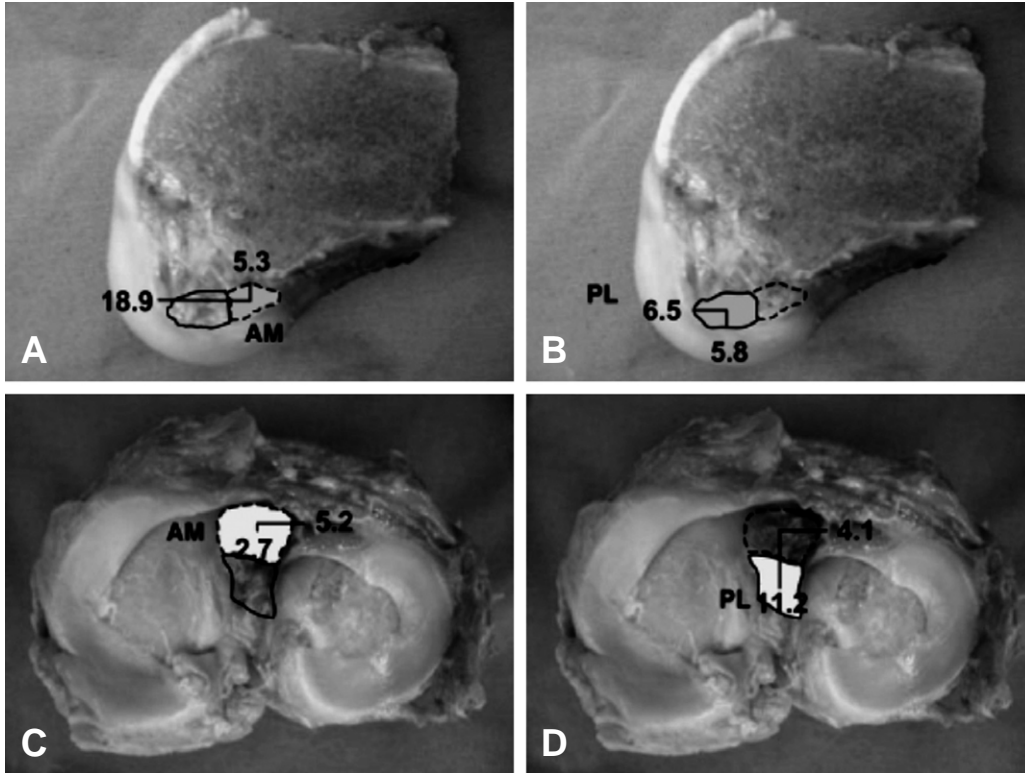


Fig. 3. Results of the anatomic measurements: femoral (A, B) and tibial (C, D). The femoral center for the posterolateral (PL) bundle (B) lies shallow and inferior with respect to the anteromedial (AM) bundle (A). The tibial center of the AM bundle (C) lies anterior to the center of the PL bundle (D). (from Zantop T, Wellmann M, Fu FH, Petersen W. Tunnel Positioning of Anteromedial and Posterolateral Bundles in Anatomic Anterior Cruciate Ligament Reconstruction.)

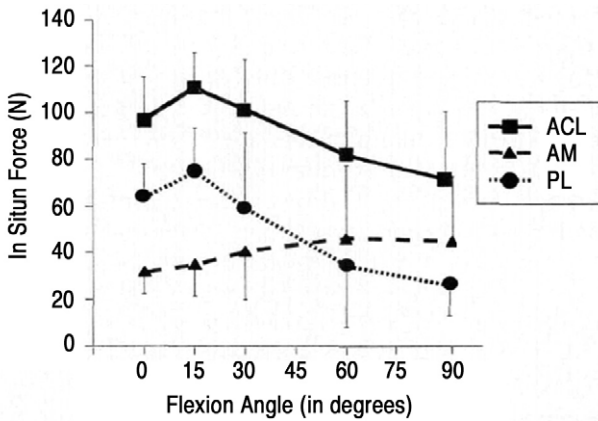


Fig. 4. Magnitude of the in situ force in the intact ACL, AM and PL bundle under 110 N of applied anterior tibial load. (from Sakane M, Fox RJ, Glen SLYW, Livesay A, Li G, Fu FH. In situ forces in the anterior cruciate ligament and its bundles in response to anterior tibial loads.)

정성과 고유수용감각에 유의한 차이가 없었다고 하였지만 회전 불안정성과 임상 점수에 대해서는 보고하지 않았다. Yasuda 등²⁷⁾은 72명의 환자를 대상으로 Prospective randomized comparative clinical study 2년 추시 결과 이중 다발 재건술군의 전방 및 회전 안정성이 유의하게 우수하였으나 관절 운동 각도,

근력 및 임상 점수에서는 차이가 없었다고 하였다.

4. 수술 방법

우선 기존의 전방십자인대 재건술의 종류와 그 차이에 대한 이해가 필요하다. 이전에 기술하였듯이, 초기의 단일 다발 재건술은 등장점 재건에 관심이 있었으므로 비해부학적 단일 다발 재건술로 명칭한다. 1980~90년대의 이중 다발 재건술은³²⁾ 비해부학적 이중 다발 재건술이라 하는데, 이때는 후외측 다발의 해부학적 재건에 관심이 없었고, 전내측 다발을 2개로 재건하는 비해부학적 이중 다발 재건술로, 2개의 대퇴 및 1개의 경골 터널을 만들거나 1개의 대퇴 및 2개의 경골 터널을 사용했다²⁸⁾. 2000년대에 들어 후외측 다발에 대한 중요성이 강조되면서 해부학적 이중 다발 재건술의 보고가 늘어나고 있으며²⁷⁾, 그 이후의 단일 다발 재건술 역시 후외측 다발의 역할을 반영하여 대퇴골 부착부 중심에 터널을 만들어 재건하는 방법이다.

1) 단일 다발 재건술

전방십자인대의 대퇴골 부착부는 대퇴골의 후방피질골을 연결한선의 후방에 위치하기 때문에 대퇴골 부착부 전방 한계선의 근위부가 가장 등장성에 가까우며 이 연결선의 전방에 이식건이 부착되면 슬관절 굴곡시 이식건의 길이가 과도하게 증가

되고 연결선의 후방에 부착되면 길이가 감소된다. 그러므로 이 식건의 대퇴골 부착부는 등장점을 포함한대퇴골 부착부의 정상 족문(footprint)에 위치해야 한다. 즉 대퇴부 터널이 너무 앞쪽으로 위치하면 굴곡 시 이식건 지나치게 길어지게 되어 슬관절이 “capturing”되고 굴곡이 제한되며 이식건이 늘어나서 실패의 요인이 될 수 있고 또한 대퇴부 터널이 후방에 위치하게 되면 신전 시 긴장되고 굴곡 시 이완될 수 있으나 전방십자인대 파열로 인한 불안정성은 슬관절의 말기 신전 시 발생하기 때문에 너무 앞쪽으로 위치하였을 때 보다는 좀 더 받아들일 만한 결과를 낼 수 있다^{6,18)}. 이처럼 전통적으로 대퇴골 터널의 전후방 방향에 집중하였지만 현재는 좌우방향에 대해 관심을 갖고 “clock face”의 개념이 도입되었으며 과간 절흔의 가장 높은 부분인 12시 방향은 전후방 안정성은 제공하지만 회전 불안정성은 극복하지 못한다고 알려져 있다. 즉 Lachman 검사는 음성이지만 축 이동 검사는 양성 소견을 보이는 것이며 이를 피하기 위해 대퇴골 터널을 10:30(우측 슬관절) 및 1:30(좌측 슬관절) 방향으로 낮춰 전방십자인대의 정상 대퇴골 부착부를 재연하고 회전 안정성을 얻는 방향으로 노력하고 있다²¹⁾.

경골 터널의 위치에 대한 한 연구에 의하면 등장성만을 생각하였을 때 경골부착부는 전내측 다발 부착부가 가장 바람직하다. 하지만 전내측 다발은 굴곡 시 가장 많은 부하를 받고, 후외측 다발은 그 반대이며 여러 생체역학 연구를 보면 후외측 다발이 좀 더 정상 전방십자인대의 역학을 닮아서 많은 술자들이 경골 터널의 목표를 후외측 다발 부착부로 하고 있으며^{14,17,31)}, 이를 통해 신전시 과간 절흔과의 충돌도 피할 수 있다.

2) 인대 잔유물 보존-보강술

고전적인 재건술은 “Cyclops” 병변의 발생을 방지하기 위해 파열된 인대의 잔류조직을 제거하고 전내측 다발을 재건하는 것이다. 그러나 잔류조직에는 기계수용체가 있어 고유감각기능을 가지며, 혈류가 유지되기 때문에 잔류조직이 보존되면 슬 후 슬관절 위치각각 회복과 이식건의 인대화에 도움이 될 수 있어 재건술 후 기능적 결과에 영향을 미칠 것으로 생각하고 있다⁵⁾.

잔류조직은 생물학적인 기능 이외에도 경골의 전방 전위에 저항하는 생역학적 기능을 갖는 것으로 알려져 있어 잔류조직 보존 시 수술 직후의 기계적 안정성이 향상되어 더 빠른 재활이 가능할 뿐만 아니라 장기적인 안정성 측면에서도 유리할 것으로 생각하고 있으며 실제로 고전적인 재건술에 비해 우월하다는 보고도 있다^{2,19)}. 즉, 수술 후 고유감각기능 회복과 이식건의 치유에 유리할 것이라는 점 이외에도 안정성 향상의 측면에서 전방십자인대 잔류조직을 보존하는 보강술에 대한 관심이 커지고 있다. 전방십자인대 보강술(보존술)은 이중 다발로 구성된 전방십자인대를 해부학적으로 유사하게 만들기 위하여 전내측 다발 손상시에는 전내측 보강술(후외측 보존술)을, 후외측 다발손상 시에는 후외측 보강술(전내측 보존술)을 시행한다. 수술 시 주의사항으로는 잔류조직 때문에 시야가 나쁠 수 있고, 특히 경골터널의 정확한 위치를 확보하는 것이 어려울 수 있기

때문에 해부학적인 지식 및 숙련된 경험이 필요하다.

3) 이중 다발 재건술

이중 다발 재건술의 경우에는 터널 위치, 이식건, 고정방법에 따라 다양한 술기가 고안되어 시행되고 있다. Yasuda 등²⁹⁾은 해부학적 이중 다발 재건술에 대해 기술하였는데 터널은 경골 및 대퇴 터널 모두 전방십자인대의 해부학적 부착부의 중앙에 위치하도록 하며 터널의 크기는 이식건의 크기와 해부학적 부착부의 크기를 고려하여 정해진다. 또한 두 터널 사이의 간격은 가능한 2 mm 이상을 유지하는 것이 좋다. 전내측 및 후외측 경골부 터널을 먼저 만들고 이어 대퇴 터널 형성에 경골, 전내측 및 이중 절개 도달법도 있다. 사용하는 이식건의 종류, 고정하는 각도와 긴장도, 고정방법들은 여러 가지가 있으며 아직 정립된 방법은 없는 상태이다³³⁾. 이식건은 자가건과 동종건이 사용될 수 있으며 혼합하여 사용하기도 한다. 술자에 따라 전내측 다발과 후외측 다발을 고정하는 각도와 긴장도는 다양한 이견이 존재하며, 각각을 다른 각도에서 고정하기도 한다. 고정 방법으로는 대퇴부의 경우 cross pin을 사용한 Transfemoral fixation이나 간섭나사를 사용한 입구 고정 또는 EndoButton을 사용한 현수고정을 사용할 수 있으며, 경골부의 경우 Staple 또는 해면골 나사못과 spiked washer를 사용할 수 있고 생체 흡수성 간섭나사 또는 post-tie 방법으로 이중 고정하기도 한다.

5. 이중 다발 재건술은 언제 시행해야 하는가?

모든 환자에서 이중 다발 재건술이 적용될 수 있는지의 적응증에 대한 논란이 있다. 전방십자인대의 부착부가 14 mm 이하인 경우에는 기술적으로 이중 다발 재건술을 시행하기가 어려울 수 있으며 또한 성장판이 아직 남아 있는 소아, 심한 골부종이 있는 경우, 대퇴과간절흔이 너무 좁은 경우, 관절염이 있는 경우 및 다발성 인대 손상인 경우에도 이중 다발 재건술보다는 단일 다발 재건술을 먼저 고려할 수 있다²³⁾. 대퇴과간절흔이 너무 좁은 경우 유도 핀을 대퇴 부착부의 해부학적 위치에 접근시키기 어려울 수 있다. 절흔의 넓이가 12 mm 이하인 경우 일반적으로 어려울 수 있다고 하지만²⁵⁾, 절대적인 금기 사항은 아니다. 또한 이식건의 크기가 제한점이 될 수 있는데 예를 들어 자가 슬픽건을 사용해야 하는 상황에서 충분한 직경을 얻지 못하는 경우에는 이중 다발 재건술을 시행하는 것이 어려울 수 있다. 따라서 각 수술법의 적응 대상을 충분히 이해하고, 정해진 적응증에 따라 수술법을 선택할 필요가 있다(Fig. 5)²⁰⁾.

결 론

생역학적 측면에서 이중 다발 재건술이 단일 다발 재건술에 비해 보다 정상 슬관절에 가깝게 복원이 가능하다는 연구들이 많은 저자들에 의해 보고되고 있으나, 최근 대퇴 터널의 위치를 보다 해부학적인 위치에 형성하는 경우에는 이중 다발 재건

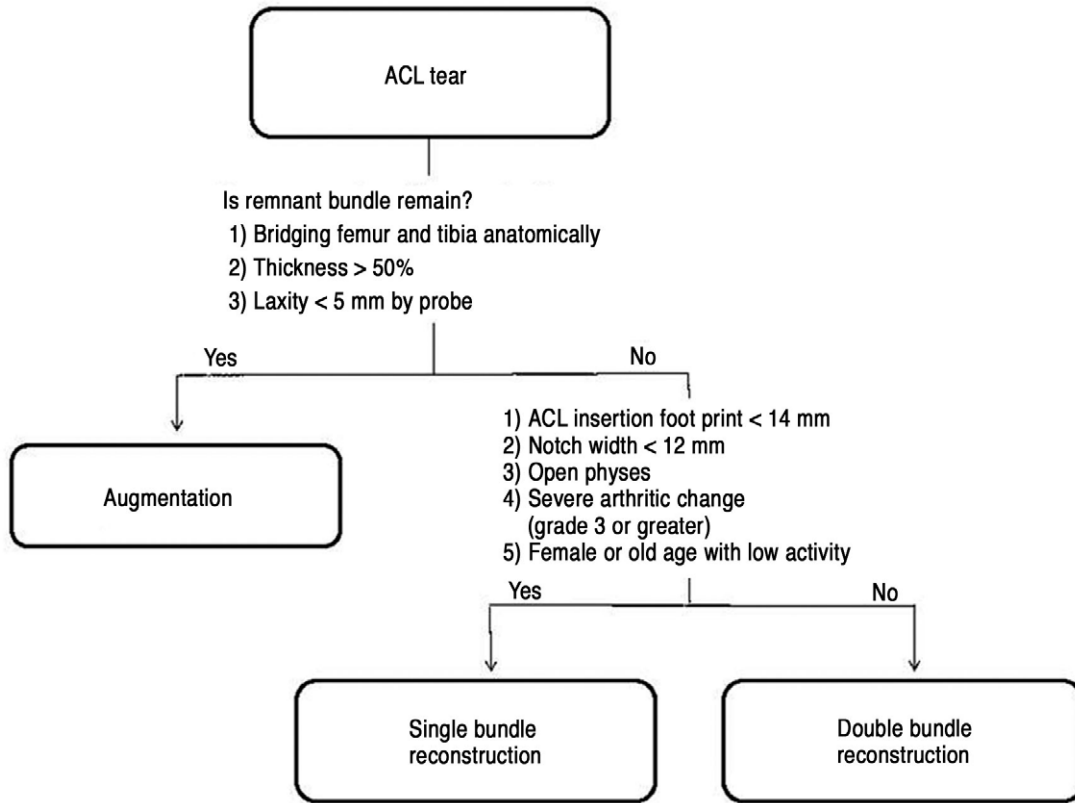


Fig. 5. Indication of Surgery method. (from Park SY, Oh H, Park SW, Lee JH, Lee SH, Yoon KH. Clinical Outcomes of Remnant-Preserving Augmentation Versus Double-Bundle Reconstruction in the Anterior Cruciate Ligament Reconstruction)

술과 단일 다발 재건술간의 차이가 없다는 연구 결과들이 보고 되고 있어 해부학적 재건술의 중요성이 강조되고 있다. 또한 임상적 측면에서 주관적인 점수나 전방 및 회전 불안정성에서 일부 저자들이 이중 다발 재건술의 우수성을 보고하고 있으나 반면 양 군 사이에 뚜렷한 차이가 없었다고 보고하는 저자들도 있다. 따라서 아직까지는 이중 다발 재건술을 통해 안정성의 향상이 가능할 것인지, 또한 이것이 임상적 결과의 개선으로 이어지는 것인지는 명확하지 않다. 따라서, 모든 환자에서 동일한 수술 방법을 선택하는 것보다는 환자 개개인의 특성, 손상의 정도 및 잔유 인대의 상태 등에 따라 재건술의 방법을 선택하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

참고문헌

1. **Adachi N, Ochi M, Uchio Y, Iwasa J, Kuriwaka M, Ito Y:** Reconstruction of the anterior cruciate ligament. Single- versus double-bundle multi-stranded hamstring tendons. *J Bone Joint Surg Br.* 2004;86(4):515-20.
2. **Adachi N, Ochi M, Uchio Y, Sumen Y:** Anterior cruciate ligament augmentation under arthroscopy. A minimum 2-year follow-up in 40 patients. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2000;120(3-4):128-33.
3. **Biau DJ, Tournoux C, Katsahian S, Schranz P, R N:** ACL reconstruction: a meta-analysis of functional scores. *Clin Orthop Relat Res.* 2007;458:180-7.
4. **Colombet P, Robinson J, Christel P, Franceschi JP, Djian P:** Using navigation to measure rotation kinematics during ACL reconstruction. *Clin Orthop.* 2007;454:59-65.
5. **Colombet P, Dejour D, Panisset JC, Siebold R:** Current concept of partial anterior cruciate ligament ruptures. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2010;96(8 Suppl):4.
6. **Colvin AC, Shen W, Musahl V, Fu FH:** Avoiding pitfalls in anatomic ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2009;17(8):956-63.
7. **Danylchuk KD, Finlay JB, Kreck JP:** Microstructural organization of human and bovine cruciate ligament. *Clin Orthop Relat Res.* 1978;131:294-8.
8. **Duthon V, Barea C, Abrassart S, Fasel J, Fritschy D, Menetrey J:** Anatomy of the anterior cruciate ligament. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy.* 2006; 14(3):204-13.
9. **Ferretti M, Ekdahl M, Shen W, Fu FH:** Osseous Landmarks of the Femoral Attachment of the Anterior Cruciate Ligament: An Anatomic Study. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery.* 2007;

- 23(11):1218-25.
10. **Fu FH, Shen W, Starman JS, Okeke N, Irrgang JJ:** *Primary Anatomic Double-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: a preliminary 2-year prospective study. The American Journal of Sports Medicine.* 2008;36(7):1263-74.
 11. **Girgis FG, Marshall JL, Monajem A:** *The cruciate ligaments of the knee joint. Anatomical, functional and experimental analysis. Clin Orthop Relat Res.* 1975;106:216-31.
 12. **Hamada M, Shino K, Horibe S, et al.:** *Single- versus Bi-socket anterior cruciate ligament reconstruction using autogenous multiple-stranded hamstring tendons with endobutton femoral fixation: A prospective study. Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery.* 2001;17(8):801-7.
 13. **Karlsson J, Irrgang JJ, van Eck CF, Samuelsson K, Mejia HA, Fu FH:** *Anatomic Single- and Double-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction, Part 2. The American Journal of Sports Medicine.* 2011;39(9):2016-26.
 14. **Kaseta MK, DeFrate LE, Charnock BL, Sullivan RT, Garrett WE, Jr:** *Reconstruction technique affects femoral tunnel placement in ACL reconstruction. Clin Orthop Relat Res.* 2008;466(6):1467-74.
 15. **Kondo E, Merican AM, Yasuda K, Amis AA:** *Biomechanical Comparison of Anatomic Double-Bundle, Anatomic Single-Bundle, and Nonanatomic Single-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstructions. The American Journal of Sports Medicine.* 2011;39(2):279-88.
 16. **Markolf KL, Park S, Jackson SR, McAllister DR:** *Simulated pivot-shift testing with single and double-bundle anterior cruciate ligament reconstructions. J Bone Joint Surg Am.* 2008;90:1681-9.
 17. **Miller MD, Olszewski AD:** *Posterior tibial tunnel placement to avoid anterior cruciate ligament graft impingement by the intercondylar roof. An in vitro and in vivo study. Am J Sports Med.* 1997;25(6):818-22.
 18. **Morgan JA, Dahm D, Levy B, Stuart MJ, and the MSG.** *Femoral Tunnel Malposition in ACL Revision Reconstruction. J Knee Surg.* 2012;25(05):361-8.
 19. **Ochi M, Adachi N, Deie M, Kanaya A:** *Anterior cruciate ligament augmentation procedure with a 1-incision technique: anteromedial bundle or posterolateral bundle reconstruction. Arthroscopy.* 2006;22(4):e1-5.
 20. **Park SY, Oh H, Park SW, Lee JH, Lee SH, Yoon KH:** *Clinical Outcomes of Remnant-Preserving Augmentation Versus Double-Bundle Reconstruction in the Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. Arthroscopy.* 2012;28(12):1834-41.
 21. **Phillips.** *Campbell's Operative Orthopaedics. 11th edition.*
 22. **Sakane M, Fox RJ, Glen SLYW, Livesay A, Li G, Fu FH:** *In situ forces in the anterior cruciate ligament and its bundles in response to anterior tibial loads. Journal of Orthopaedic Research.* 1997;15(2):285-93.
 23. **Shen W, Forsythe B, Ingham SM, Honkamp NJ, Fu FH:** *Application of the anatomic double-bundle reconstruction concept to revision and augmentation anterior cruciate ligament surgeries. J Bone Joint Surg Am.* 2008; 90 Suppl 4(Suppl 4):20-34.
 24. **Toy BJ, Yeasting RA, Morse DE, McCann P:** *Arterial supply to the human anterior cruciate ligament. J Athl Train.* 1995;30(2):149-52.
 25. **van Eck C, Martins C, Vyas S, Celentano U, van Dijk C, Fu F:** *Femoral intercondylar notch shape and dimensions in ACL-injured patients. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy.* 2010;18(9):1257-62.
 26. **Yagi M, Kuroda R, Nagamune K, Yoshiya S, Kurosaka M:** *Double-bundle ACL Reconstruction Can Improve Rotational Stability. Clinical Orthopaedics & Related Research January.* 2007;454:100-7.
 27. **Yasuda K, Kondo E, Ichiyama H, Tanabe Y, Tohyama H:** *Clinical Evaluation of Anatomic Double-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Procedure Using Hamstring Tendon Grafts: Comparisons Among 3 Different Procedures. Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery.* 2006;22(3):240-51.
 28. **Yasuda K, Tanabe Y, Kondo E, Kitamura N, Tohyama H:** *Anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. Arthroscopy.* 2010;26(9 Suppl):S21-34.
 29. **Yasuda K, van Eck CF, Hoshino Y, Fu FH, Tashman S.** *Anatomic Single- and Double-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction, Part 1. The American Journal of Sports Medicine.* 2011;39(8):1789-99.
 30. **Zantop T, Herbort M, Raschke MJ, Fu FH, Petersen W:** *The Role of the Anteromedial and Posterolateral Bundles of the Anterior Cruciate Ligament in Anterior Tibial Translation and Internal Rotation. The American Journal of Sports Medicine.* 2007;35(2):223-7.
 31. **Zantop T, Wellmann M, Fu FH, Petersen W:** *Tunnel Positioning of Anteromedial and Posterolateral Bundles in Anatomic Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. The American Journal of Sports Medicine.* 2008;36(1):65-72.
 32. **Zaricznyj B.** *Reconstruction of the anterior cruciate ligament of the knee using a doubled tendon graft. Clin Orthop.* 1987;220:162-75.

= ABSTRACT =

Current Concepts in Reconstruction of Anterior Cruciate Ligament

Kyoung Ho Yoon, M.D., Ph.D.

Department of Orthopedic Surgery, School of Medicine, Kyung Hee University, Seoul, Korea

This article provides an overview of the current concepts regarding anterior cruciate ligament reconstruction, including anatomy, biomechanics, operative techniques and clinical results.

Many techniques have been introduced for ACL reconstruction: single bundle reconstruction, remnant preserving augmentation, and double bundle reconstruction. Each technique has its strong and weak points, and it is not sure which technique is superior than others. It is considered to suggest that rather than to select the same method of surgery in all patients, select the method of reconstruction depending on the characteristics of the individual patient, the state of the residual ligaments and extent of the damage.

Key Words: Anterior cruciate ligament, Reconstruction, Current concepts

Address reprint request to **Kyoung Ho Yoon, M.D., Ph.D.**

Department of Orthopedic Surgery, School of Medicine, Kyung Hee University,

#1, Hoegi-dong, Dongdaemun-gu, Seoul 130-702, Korea

TEL: 82-2-958-8350, FAX: 82-2-964-3865, E-mail: Kyoungho@khmc.or.kr