

Reconstruction of the Anterior Cruciate Ligament of the Knee

슬관절 전외측인대의 해부학, 생역학, 수술법 및 임상적 결과

김성환 • 이태협* • 박용범[✉]

중앙대학교 의과대학 정형외과학교실, 중앙대학교병원 정형외과, *중앙대학교 의과대학

Anterolateral Ligament of the Knee: Anatomy, Biomechanics, Techniques, and Clinical Outcome

Seong Hwan Kim, M.D., Ph.D., Tae-Hyub Lee*, and Yong-Beom Park, M.D., Ph.D.[✉]Department of Orthopedic Surgery, Chung-Ang University Hospital, Chung-Ang University College of Medicine,
*Chung-Ang University College of Medicine, Seoul, Korea

An anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction is one of the most frequent surgical procedures in the knee joint, but despite the better understanding of anatomy and biomechanics, surgical reconstruction procedures still fail to restore rotational stability in 7%–16% of patients. Hence, many studies have attempted to identify the factors for rotational laxity, including the anterolateral ligament (ALL), but still showed controversies. Descriptions of the ALL anatomy are also confused by overlapping nomenclature, but it is usually known as a distinctive fiber running in an anteroinferior and oblique direction from the lateral epicondyle of the femur to the proximal anterolateral tibia, between the fibular head and Gerdy's tubercle. The importance of the ALL as a secondary restraint in the knee has been emphasized for successful ACL reconstructions that can restore rotational stability, but there is still some controversy. Some studies reported that the ALL could be a restraint to the tibial rotation, but not to anterior tibial translation. On the other hand, some studies reported that the role of ALL in rotational stability would be limited as a secondary structure because it bears loads only beyond normal biomechanical motion. The diagnosis of an ALL injury can be performed by a physical examination, radiology examination, and magnetic resonance imaging, but it should be assessed using a multimodal approach. Recently, ALL was considered one of the anterolateral complex structures, as well as the Kaplan fiber in the iliotibial band. Many studies have introduced many indications and treatment options, but there is still some debate. The treatment methods are introduced mainly as ALL reconstructions or lateral extra-articular tenodesis, which can achieve additional benefit to the knee stability. Further studies will be needed on the indications and proper surgical methods of ALL treatment.

Key words: knee, anterior cruciate ligament, rotatory instability, anterolateral ligament

서론

전방십자인대 재건술은 슬관절 수술 중에서 흔하게 시행되는 수술 중 한가지로 슬관절의 안정성 및 장기 추사에서 퇴행성 변화를

줄이기 위해 시행되고 있다.¹⁾ 하지만 등장점(isometric point)에 이식건의 재건을 시행하는 경경골을 이용한 전방십자인대 재건술 후, 10%–20%에서 잔존하는 회전 불안정성 등으로 인하여 수술 실패를 보였다.²⁾ 이를 극복하기 위하여 전방십자인대의 해부학 및 생역학에 대한 지식의 발전을 기반으로 하여 이중다발 전방십자인대 재건술, 최근의 해부학적 전방십자인대 재건술 등 다양한 수술 방법이 소개되기도 하였다.³⁾ 하지만 이러한 노력에도 불구하고 아직도 해부학적 전방십자인대 재건술 후 수술 실패는 7%–16% 정도로 보고되어 있어^{4,5)} 회전 불안정성에 대한 관심이 지속적으로 강조되고 있다.

Received December 31, 2019 Revised February 4, 2020

Accepted February 4, 2020

[✉]Correspondence to: Yong-Beom Park, M.D., Ph.D.

Department of Orthopedic Surgery, Chung-Ang University Hospital, Chung-Ang University College of Medicine, 102 Heukseok-ro, Dongjak-gu, Seoul 06973, Korea
TEL: +82-2-6299-1593 FAX: +82-2-6299-2064 E-mail: whybe1122@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3741-2311>

최근 전외측인대(anterolateral ligament)가 회전 불안정성에 대한 2차적인 지지 구조물 역할로 많은 관심을 받고 연구가 되고 있다.^{6,7)} 특히 전방십자인대 손상이 동반되었을 때, 전외측인대의 치료가 전방십자인대 수술 이후 잔존 회전 불안정성을 감소시키고, 전방십자인대 재파열의 위험을 낮추며, 반월상 연골판 회복에도 좋은 결과가 나타난다는 연구들이 많이 소개되고 있다.⁸⁻¹⁵⁾ 하지만 아직까지 전외측인대의 해부학적 형태, 생역학적 기능 및 임상 결과에도 많은 논란이 있는 상태이다.^{9,16-20)} Claes 등¹⁹⁾에 의하면 전외측인대는 대퇴골 외상과(lateral femoral epicondyle) 전방부위에서부터 외측 반월상 연골을 지나 경골의 Gerdy's 결절과 비골 골두 사이에 연결되는 구조물로 보고되었으나, Dodds 등²⁰⁾은 대퇴골 외상과 후방부위에서 시작하는 구조물로 보고하였으며, 일부 저자들은 인대가 아닌 관절막 전외측 부위가 두꺼워진 것이라고 보고하기도 하였다.^{9,21)} 또한 전외측인대는 슬관절의 정상적인 생역학적인 움직임을 벗어난 극한 상황에서만 그 역할을 한다는 보고도 있으며^{7,16-18)} pivot-shift 검사와의 연관성도 다양하게 보고되었다.^{6,8,9,22)} 자기공명영상(magnetic resonance imaging) 등에서의 진단율 역시 50%~100%까지 다양하게 보고되고 있고²³⁻²⁶⁾ 그 외에도 생역학, 진단 및 치료에 있어서도 쟁점이 존재하고 있는 실정이다.

이에 저자들은 전외측인대의 해부학, 생역학, 진단, 수술법 및 임상적 결과에 대하여 현재까지 보고된 연구들을 바탕으로 최신 지견에 대하여 정리하고, 쟁점 및 향후 연구 방향에 대하여 기술하고자 한다.

본 론

전외측인대는 슬관절의 전외측에 위치하며, 경골의 내회전에 대하여 전방십자인대의 1차적 지지 역할을 돕는 2차적 지지 구조물로 여겨지고 있다. 해부학적인 구조, 생역학적인 기능에 대한 다

양한 보고가 있으며, 그에 따라 다양한 수술 방법이 소개되어 시행되고 있으며 그에 따른 임상적 결과도 다양하게 보고되어 있다.

1. 해부학

전외측인대는 사체를 이용한 여러 해부학 연구에서 45%~100%의 발견율을 보이는 것으로 알려져 있으며²⁷⁾ 일반적으로 대퇴골 외상과 부위에서 경골 근위부의 Gerdy's 결절과 비골 골두 사이에서 슬관절 전외측으로 주행하는 구조물로 알려져 있다.^{19,20)} 길이는 35-59 mm, 두께는 1-3 mm로 보고되었으며 너비는 대퇴골 외상과 부위에서는 4-11 mm, 중간부위는 4-8 mm이며, 경골 부착부에서는 11-12 mm 정도로 확장되는 양상으로 관찰되었다.²⁷⁾ 이는 전혀 새로운 구조물이 아니며 70년대부터 “pearly, resistant, fibrous band”, “capsulo-osseous layer of the iliotibial tract”, “lateral capsular ligament” 또는 “anterior oblique band”라는 이름으로 다양하게 보고되어 있었다.^{28,29)} 최근 들어 해부학적 지식 및 생역학에 대한 이해의 증가와 더불어 전외측인대라는 용어로 널리 알려지게 되었으며 전외측인대 복합체라고 불리기도 한다.^{6,19,20)} 경골 부착부위는 대부분 관절면에서 5-10 mm 아래에서 Gerdy's 결절 및 비골두사이 중간 정도 위치의 경골 전외측부에 부착되는 것으로 보고되었지만 대퇴골 부착부위는 아직까지 그 위치에 대한 논란이 있는 상태이다.²⁷⁾ Claes 등¹⁹⁾은 전외측인대가 대퇴골 외상과의 외측 측부인대 부착부위 및 전방부에서 시작한다고 서술하였지만 Dodds 등²⁰⁾은 대퇴골 외상과의 근위부위 및 후방부에서 시작한다고 보고하였다 (Fig. 1). 또한 전외측인대는 경골 부착 전에 중간 실질 부위에서 외측 반월상 연골과 연결이 되어 있으며 자기공명영상 및 조직학적인 연구에서 치밀한 콜라겐 조직으로 연결이 이루어져 있음이 확인되었다.^{27,30)} 이렇듯 여전히 해부학적 구조에서 대해서도 다양하게 보고되고 있으며 특히 분리된 인대인지, 슬관절 전외측 관절막이 단순히 두꺼워진 것인지에 대한 근본적인 논란도 있는

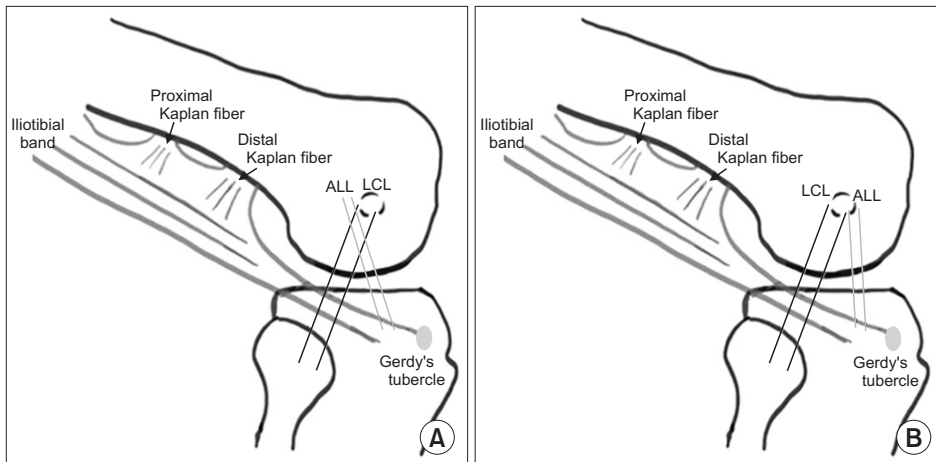


Figure 1. Anatomical configuration of the anterolateral ligament (ALL). (A) Proximal-posterior to lateral collateral ligament insertion, (B) anterior to lateral collateral ligament (LCL) insertion.

상태이다.^{21,27} 역사적으로 Segond 골절과 관련하여 전외측 관절막의 구조물이라고 보고되어 왔으며 장경인대의 관절막-대퇴골층(capsule-osseus layer)의 일부라는 보고도 있었기에 전외측 인대라는 새로운 인대가 아닌 기존에 알려진 구조물이라는 주장도 있다.¹⁴ 또한 최근에는 전외측 관절막, 장경인대의 천부 구조물, Kaplan 섬유를 포함한 장경인대의 심부 구조물과 함께 전외측 복합체의 한 구조물로 전외측인대를 인식하기도 하기 때문에³¹ 앞으로 나이, 성별, 인종에 따른 변이 및 전외측 복합체 등과의 관련성 등에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

2. 생역학

전외측인대는 전방십자인대나 측부인대보다는 약한 구조물로 알려져 있으며, 강성(stiffness)은 20–41.9 N/mm, 긴장력(tension)은 32.78 N/mm² 정도로 알려져 있으며 파열강도(load of failure)는 대략 50–200 N 정도이며 파열 전에 약 30% 정도 길어질 수 있는 것으로 보고되었다.^{6,22,27}

전외측인대는 슬관절의 회전 안정성에 기여를 하는 것으로 알려져 있지만 이 역시 해부학적 구조처럼 논란이 있다.^{6,16-18,22,27} 많은 생역학 연구에서 전외측인대는 경골의 내회전에 저항하는 기능은 있지만 전방전위에 저항하는 기능은 적은 것으로 판단하고 있다.^{6,22,27,32} 또한 Parsons 등³²의 연구에서 경골의 내회전 안정성은 슬관절의 초기 굴곡(0–30도)에서는 전방십자인대가 역할을 하며 이후 굴곡(30–90도)에서는 전외측인대가 그 역할을 한다고 보고하였다. 대다수의 연구에서 슬관절 굴곡에 따라 전외측인대의 길이가 길어짐을 보고하였는데,^{6,27,33} Dodds 등²⁰은 전외측인대가 슬관절 0–60도 굴곡에서는 동일한 길이를 보인 이후 60도 이후의 굴곡에서는 길이가 감소하는 양상을 보고하였다. 이는 연구에 따른 해부방법, 실험실의 조건 등의 차이로 발생하는 것으로 생각되며²⁷ 특히 전외측인대의 대퇴골 부착부위의 다양

성으로 발생하는 것으로 판단된다. 하지만 모든 연구에서 경골의 내회전에 따라 전외측인대가 증가하는 것으로 보고하였기에 슬관절 회전 안정성에 기여하는 것으로 판단된다.^{6,20,27} 뿐만 아니라 전외측인대는 정상적인 슬관절의 생역학적인 움직임을 벗어난 이상 상황에서만 기능을 하는, 회전 불안정성의 2차 구조물로 판단하는 연구도 있었다.^{7,16-18} 최근에는 장경대인대, 그중 Kaplan 섬유의 손상이 경골 내회전을 증가시킨다는 생역학적 연구도 보고되어^{34,35} 전외측인대뿐만 아니라 주변 구조물을 포함한 전외측 복합체로 판단해야 한다는 연구도 있었다.^{31,34}

임상적으로 경골 내회전의 평가를 위하여 시행하는 pivot-shift 검사와도 다양한 관련성을 보고하고 있으며^{6,8,22,27} 전외측인대 재건술(anterolateral ligament reconstruction) 이후 슬관절 외측 관절면의 과긴장(overconstraint)³⁶이 발생할 수 있다는 생역학적 연구도 있기에 추후 전외측인대 및 전외측 복합체와 관련된 해부학적 구조물, 생역학적인 기능 및 치료의 임상적인 관련성과의 연구가 필요한 것으로 판단된다.

3. 전외측인대 손상의 진단

전외측인대 손상의 진단은 영상의학적으로만 판단하기 어렵다.^{27,37} 신체검사, 단순방사선적 검사, 초음파검사, 자기공명영상, Laximeter 및 electrometer 등 다양한 검사를 이용하여 전외측인대를 평가하며 특히 전외측인대 손상의 수술적 치료의 결정은 임상적인 기능 평가와 더불어 판단해야 한다.^{9,14} 슬관절의 초기 굴곡 상태에서 외반 및 내회전이 발생할 때 전방십자인대-전외측인대 손상이 발생하는 것으로 이해되며 일반적인 전방십자인대 단독 손상의 기전과 비슷하다.¹⁴ 하지만 전방십자인대 단독 손상보다 강한 외력으로 인하여 전외측인대 손상까지 동반되어 pivot-shift 검사의 grade가 높을수록 전외측인대 손상의 위험이 높다는 연구도 보고되어 있어,^{37,38} 전방십자인대 손상 시



Figure 2. Injury of the anterolateral ligament on magnetic resonance imaging (arrows). (A) Femoral attachment. (B) Mid-substance and insertion to lateral meniscus. (C) Tibial attachment.

행하는 pivot-shift 검사에서 높은 회전 불안정성이 확인될 때 전외측인대의 동반손상을 유의하여 진단해야 할 것이다. 단순 방사선학적 검사는 진단적인 가치는 높지 않지만 수술 후 터널의 평가에 사용되기도 하며 특히 Segond 골절이 최근 전외측인대의 견열 골절로 간주되기도 하기 때문에 급성기 검사에서 반드시 확인해야 할 것이다.^{14,27)} Laximeter 및 electrometer 역시 pivot-shift 검사와 동일한 자세에서 시행하는 객관적인 검사로 회전 정도 및 pivot-shift 검사 결과에 따라 전외측인대 동반 손상 여부를 확인하기 위한 연구도 지속적으로 이루어지고 있다.^{14,39-42)} 전외측인대 손상을 위한 초음파검사는 일부 연구에서 유용하다고 보고되었다.^{43,44)} 특히 전외측인대의 경골 부착부위 관찰에는 유용할 것으로 생각되지만 대퇴부 관찰의 진단 신뢰성에 대해서는 아직 의문이 있는 상태로 전외측인대 손상 진단을 위한 기본적인 검사로는 논란이 있다.^{14,27)}

1) 자기공명영상

자기공명영상은 전외측인대의 손상 및 주변 연부조직 손상을 파악하는데 유용한 검사이다. T2PD (proton density)의 관상면 영상이 전외측인대 손상 여부를 파악하기 가장 좋은 것으로 알려져 있으며 일반적으로 대퇴부, 중간 실질부위 및 외측 반월상 연골 이행부위, 경골 부착부위 세 곳의 전외측인대 손상을 관찰하여 진단한다(Fig. 2).^{24-26,45)} 자기공명영상 역시 여러 가지 논란이 있는데 전외측인대의 발견율이 50%~100%로 다양하게 보고되고 있는 점이다. Kosy 등²³⁾은 자기공명영상에서 단지 57%의 환자에서 전외측인대 전장이 보였으며 Taneja 등⁴⁶⁾은 51%만이 전외측인대가 자기공명영상에서 관찰되었음을 보고하였다. 하지만 Helito 등,^{24-26,45)} Porrino 등,⁴⁷⁾ Van der Watt 등⁴⁸⁾에서는 90%가 넘는 전외측인대의 관찰률을 보였다. 특히 전외측인대 대퇴부위의 관찰 및 손상 진단에 있어 많은 다양성을 보이고 있었으며 장경인대 및 외측 측부인대와의 감별이 어려운 것으로 알려져 있다.⁴⁶⁾ 또한 전외측인대 손상 혹은 전방십자인대 손상이 확인된 경우 자기공명영상에서 전외측인대 손상의 진단이 더욱 좋은 것으로 보고되었으며^{24,25,48)} 3.0T 자기공명영상 장치가 1.5T보다 전외측인대 관찰에 더 좋을 것으로 판단되고 있다.²⁷⁾ 이렇게 다양한 환경에 따라 서로 다른 관찰률을 보이며 내측 일치도(intraobserver agreement) 및 외측 일치도(interobserver agreement) 역시 적게는 4%에서 많게는 100%까지 보고되어 있기에 그 진단적 가치에도 의문이 있는 상태이다.⁴⁹⁾

전방십자인대 손상과 동반된 전외측인대 손상의 유병률 역시 다양하게 보고되고 있지만 대체적으로 높은 것으로 보고되었다(32.6%~78.8%).²⁷⁾ Helito 등²⁶⁾은 전방십자인대 환자의 32.6%에서 전외측인대 손상을 보고하였으나 Song 등³⁸⁾은 94.1%의 높은 유병률을 보고하였다. 최근 Park 등³⁷⁾은 급성기 전방십자인대 손상 환자에서 62.7%의 전외측인대 손상을 발견하였으며, 전방십

자인대 완전파열 및 부분파열 간에 서로 다른 전외측인대 손상 유병률을 보고하기도 하였다. 이처럼 여전이 급성/만성 손상상태에서의 차이, 손상부위에 따른 차이, 동반된 십자인대 손상과의 관련성, pivot-shift 검사 등 임상 검사와의 상관성, 성별, 근육량 등에 따른 진단율의 차이는 보고된 바가 없어 자기공명영상의 진단 가치에 대한 논란은 지속되고 있다.

4. 수술법

전외측인대 재건술의 역사는 1970년대에 전방십자인대파열 환자에서 경골의 전외측 아탈구(anterolateral tibial subluxation)를 교정하기 위하여 시행된 외측 관절외 견고정술(lateral extra-articular tenodesis)에서 시작되었다고 할 수 있다.⁵⁰⁾ 이러한 수술법은 초기에는 좋은 안정성을 보여주었으나 시간이 지남에 따라 고정점이 늘어나게 되어 결국에는 불안정성의 잔존, 이식건의 실패와 같은 만족스럽지 못한 임상적 결과를 보여주었다.^{51,52)} 이러한 이유로 안정성뿐만 아니라 관절내 전방십자인대 구조 자체의 재건에 초점이 맞추어지게 되어 그 결과로 관절내 및 관절외 병합수술(combined extra- and intra-articular surgical procedures)이 시행되기 시작하였다. 하지만 이러한 병합수술이 관절내 전방십자인대 재건술에 비하여 우수한 결과를 보이지 않았고,^{53,54)} 이 결과를 바탕으로 2000년대에 들어서는 관절내 전방십자인대 재건술의 단독 수술이 널리 사용되게 되었다. 전방십자인대의 구조 및 생역학에 대한 이해에도 불구하고 전방십자인대 재건술 시행 후 약 7%~10%에서 회전 불안정성의 잔존 또는 전방십자인대 재건술의 실패가 보고되었고,^{4,55,56)} 이러한 실패를 극복하기 위해 이중 다발 재건술, 해부학적 재건술 등이 소개되었으나 최근의 연구들에서 전외측인대의 중요성이 다시 강조되고 있다. 최근에는 전방십자인대 재건술 실패 또는 불안정성의 잔존을 줄이기 위하여 외측 강화 술식(lateral augmentation procedures)들이 다시 강조되고 있다. 이러한 외측 강화 술식은 다양한 수술법에 따라 다양한 이름들이 사용되고 있으며 대표적으로 외측 관절외 견고정술과 전외측인대 재건술이 있다.

최근 강조되고 있는 외측 강화 술식이 필요한 적응증은 아직까지 합의가 이루어지지 않은 상태이다. 최근 여러 임상 연구들의 결과를 바탕으로 외측 강화 술식이 필요한 경우로 비교적 많은 연구들에서 공통적으로 제시된 적응증은 전방십자인대 재재건술(revision anterior cruciate ligament reconstruction), 고도의 회전 불안정성(high grade pivot-shift), 전신적 관절 이완증(generalized joint laxity)이며 축이동 운동으로 복귀하는 젊은 환자(young patients returning to pivot activities)를 적응증으로 제시한 연구도 있다. 이외에도 만성 불안정성(chronic instability),^{57,58)} Segond 골절^{57,59)} 및 외측 대퇴과 절흔(lateral femoral notch sign)⁵⁹⁾을 외측 강화 술식의 적응증으로 제시한 연구들도 있다.

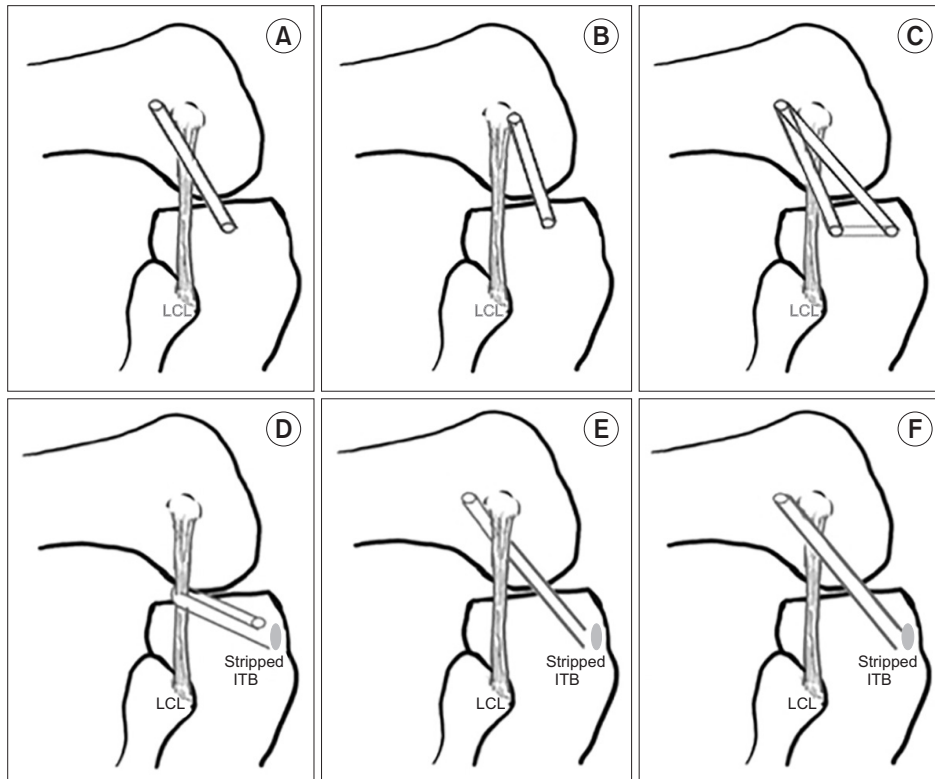


Figure 3. Lateral augmentation procedures. The anterolateral ligament (ALL) reconstructions were introduced in (A) to (C), and lateral extra-articular tenodesis was introduced in (D) to (F). (A) Chahla technique. The femoral tunnel was established posterior and proximal to the lateral epicondyle, and the tibial tunnel was located between Gerdy's tubercle and the fibular head. (B) Smith technique: the femoral tunnel was established slightly anterior to the lateral epicondyle. (C) Sonnery-Cottet technique: the femoral tunnel was established posterior and proximal to the lateral epicondyle, and the tibial tunnel was located between Gerdy's tubercle and fibular head with a bone-bridge. (D) Modified Lemaire technique: the proximal strip of the iliotibial band (ITB) is passed around the lateral collateral ligament (LCL), sutured with distal strip, and fixed intraosseous with an interference screw. (E) Lemaire technique: the proximal strip of the ITB is passed below the LCL and fixed posterior and proximal to the lateral epicondyle. (F) Modified Andrews technique: the proximal strip of the ITB is passed over the LCL and fixed posterior and proximal to the lateral epicondyle.

외측 강화 술식은 여러 수술 방법들이 보고되고 있으며(Fig. 3), 여러 문헌들에서는 외측 관절의 견고정술 및 전외측인대 재건술이 다양하게 시행되고 있다. 또한 이식건의 종류, 고정 위치 및 고정각도에 대해서도 다양한 의견이 존재하는 상태이다(Table 1).^{57,60-69)}

1) 이식건의 종류

전외측인대 재건술에 있어서 이상적인 이식건의 종류에 대해서는 아직까지 완벽히 정립되어 있지 않은 상태이며 장경인대(iliotibial band),⁷⁰⁾ 박근(gracilis),^{59,71,72)} 반건양근(semi-tendinosus)^{71,73)} 및 폴리에스터 테이프(polyester tape)⁷⁴⁾를 이용한 연구들이 보고되었다. 이중 자가 박근을 사용한 연구들이 가장 많이 보고된 상태이다. 하지만 다양한 이식건들 중에 정상 전외측인대의 특성과 완벽히 일치하는 이식건은 없다. 최근의 사체 연구에 의하면 박근은 전외측인대에 비하여 6배 정도의 강도(stiffness)를 가진다고 보고하였으며 장경인대의 강도가 전외측인대와 가

장 비슷하다고 보고하였다.⁷⁵⁾ 외측 관절의 견고정술은 거의 모든 연구에서 장경인대를 이용하였으며^{50,53,58,60,76)} 하나의 연구에서 대퇴이두근건(tendon of biceps femoris)을 이용하였다.⁷⁷⁾

2) 고정 위치

전외측인대 재건술에 있어서 경골측 이식건의 고정에 대해서는 어느 정도 의견이 일치되지만 대퇴골측 고정 위치에 대해서는 문헌마다 차이를 보이고 있다(Table 1).^{57,60-69)} 대부분의 연구에서 경골측 고정은 Gerdy's 결절과 비골 사이의 중간 부분으로 관절면에서 5-10 mm 하방에 경골측 이식건을 고정하였다.^{59,71,72)} 대부분의 연구들에서 경골측 이식건 고정은 만져보거나 직접 눈으로 확인한 후 고정하는 방법을 제시하고 있으며 한 연구에서는 방사선 증폭기를 이용하여 관상면에서 경골고평부로부터 7 mm 하방, 외측 사지에서 경골고평부의 50% 부근에 고정하는 방법을 제시하였다.⁷⁸⁾

전외측인대의 대퇴부 부착부위는 다양하게 보고되었고^{6,19,79,80)}

Table 1. Details of Surgeries

Author (year)	Indication	ALL reconstruction or LET	Graft	Fixation angle
Abdelrazek et al. (2019) ⁶¹⁾	Chronic, grade 3 pivot-shift	F: just above and posterior to LE T: 7 mm below the joint line, midway between Gerdy's tubercle and fibular head	ACL: semitendinous autograft ALL: gracilis autograft	NS
Helito et al. (2019) ⁶⁴⁾	Ligamentous hyperlaxity	F: same femoral tunnel used for ACLR T: 5–10 mm below joint line, between Gerdy's tubercle and fibular head	ACL: hamstring autograft ALL: remaining portion of gracilis	ALLR: 0°
Ibrahim et al. (2017) ⁶⁵⁾	Grade 2 pivot-shift, Segond fracture, high level of sporting activity, participation in pivoting sports, chronic ACL injury	F: just proximal and anterior to the LCL T: halfway between Gerdy's tubercle and fibular head	ACL: semitendinous autograft ALL: gracilis autograft	ALLR: 30°
Lee et al. (2019) ⁶⁶⁾	Rerupture after ACLR	F: just proximal and posterior to LE T: 10 mm below the joint line, between Gerdy's tubercle and fibular head	ACL: tibialis anterior allograft ALL: gracilis allograft	ALLR: 30°
Mogos et al. (2017) ⁶⁷⁾	Chronic ACL lesion, pivot-shift grade 2 or 3, participation in high grade pivoting sports	F: centered over the lateral epicondyle T: between Gerdy's tubercle and fibular head	ACL: hamstring autograft ALL: gracilis autograft	ACLR: 30° ALLR: 0°
Sonnery-Cottet et al. (2015) ⁵⁷⁾	Segond fracture, chronic, grade 3 pivot shift, high level of sporting activity, pivoting sports, radiographic lateral femoral notch sign	F: same femoral tunnel used for ACLR T: halfway between the Gerdy's tubercle and the middle of the fibular head	ACL: hamstring autograft ALLR: gracilis autograft	ACLR: 20° ALLR: 0°
Vadalà et al. (2013) ⁶⁰⁾	Grade 2 or 3 pivot-shift, <2 mo after the trauma	LET: ITB strip pass under LCL then loop back to the Gerdy's tubercle	ACLR: hamstring autograft LET: ITB	NS
Zaffagnini et al. (2017) ⁶²⁾	High level with a positive Lachman test and pivot-shift test	LET: from over-the-top to isometric point of Gerdy's tubercle	ACLR & LET: hamstring autograft	NS
Rowan et al. (2019) ⁶⁸⁾	High grade pivot shift	LET: ITB strip pass under LCL then fixed to distal femur just proximal and posterior to LE	ACLR: hamstring autograft LET: ITB	LET: 30°
Redler et al. (2018) ⁶⁹⁾	Grade 2 or more of Lachman test, pivot-shift test, side-to-side difference >5 mm	LET: ITB strip pass under LCL then loop back to the Gerdy's tubercle	ACLR: hamstring autograft LET: ITB	NS
Getgood et al. (2020) ⁶³⁾	Grade 2 or 3 pivot-shift, high-risk/pivoting sports, generalized ligament laxity	LET: ITB strip pass under LCL then fixed to distal femur just proximal and anterior to LE	ACLR: hamstring autograft LET: ITB	LET: 60°–70°

ALL, anterolateral ligament; LET, lateral extra-articular tenodesis; F, femur; LE, lateral epicondyle; T, tibia; ACL, anterior cruciate ligament; NS, not specified; ACLR, anterior cruciate ligament reconstruction; ALLR, anterolateral ligament reconstruction; LCL, lateral collateral ligament; ITB, iliotibial band.

이에 상응하여 전외측인대 재건술 시 이식건의 대퇴골 고정부위도 다양하게 보고되었다. 하지만 대퇴부 고정 위치에 대해서는 이견이 있는데 대퇴골 외상과 또는 외측 측부인대의 대퇴부 부착

부위보다 후상방에 위치시키는지^{59,72,81)} 혹은 전방에 위치시키는지에^{70,71,74)} 대한 차이이다(Fig. 3). 대퇴골 외상과의 후상방에 위치시키는 경향이 더 많이 보고되어 있지만 아직 정립되지는 않은

상태이다.

외측 관절의 견고정술은 장경인대의 일부를 외측대퇴골 부위로 이전하여 고정하는 술식이 대부분이다.⁸²⁾ 이전 장경인대는 외측결인대(lateral collateral ligament)의 심부 또는 천부를 지나 대퇴골 외상과의 후상방에 위치시키거나 외측결인대를 감아내려

경골의 Gerdy's 결절부위에 위치시킨다(Fig. 3). 최근의 생역학적 연구에서 외측결인대의 심부를 지나면서 대퇴골 외상과의 근위부에 위치하는 인대가 슬관절 굴곡에 따라 더 바람직한 인대의 긴장도를 보인다는 보고가 있으나⁸³⁾ 과긴장을 유발할 수 있다는 생역학적 보고도 있어³⁶⁾ 견고정술에 있어 어떤 술식이 더 바람직

Table 2. Details of Clinical Studies

Author (year)	Study design	Reconstruction	Anterior translation (KT-1000 arthrometer)	Residual pivot-shift (IR+valgus)	Clinical outcome
Abdelrazek et al. (2019) ⁶¹⁾	RCT	SB ACLR+ALLR (20) DB ACLR (20)	No significant difference	SB ACLR+ALLR: -13.8° DB ACLR: -17° (p=0.01)	No significant difference (Lysholm, IKDC score)
Helito et al. (2019) ⁶⁴⁾	Case control study	ACLR (60) ACLR+ALLR (30)	ACLR: 2.3 mm (p=0.020) ACLR+ALLR: 1.5 mm	ACLR: 51.7% (p=0.03) ACLR+ALLR: 26.7%	No significant difference (IKDC, p=0.27; Lysholm, p=0.41)
Ibrahim et al. (2017) ⁶⁵⁾	Case control study	ACLR (53) ACLR+ALLR (50)	ACLR+ALLR: 1.3 mm ACLR: 1.8 mm (p<0.001)	NS	No significant difference
Lee et al. (2019) ⁶⁶⁾	Case control study	Re ACLR (45) Re ACLR+ALLR (42)	Re ACLR: 2.2 mm (p=0.304) Re ACLR+ALLR: 1.9 mm	Re ACLR: 46.5% (p<0.001) Re ACLR+ALLR: 9.5%	No significant difference
Mogos et al. (2017) ⁶⁷⁾	Prospective study	ACLR+ALLR (32)	Negative Lachman test at 6 and 12 wk	2 patients: pivot-shift 2	31 patients were normal or nearly normal at 12 wk
Sonnery-Cottet et al. (2015) ⁵⁷⁾	Case series	ACLR+ALLR (83)	0.7 mm (p<0.001)	Negative: 91.6% Grade I: 8.4%	All clinical outcomes were significantly improved
Vadalà et al. (2013) ⁶⁰⁾	RCT	ACLR (32) ACLR+LET (28)	ACLR: 2.8 mm ACLR+LET: 2.7 mm	ACLR: 57.2% (p=0.003) ACLR+LET: 18.6%	No significant difference
Zaffagnini et al. (2017) ⁶²⁾	Case series	Over-the-top ACLR and LET (52)	>5 mm (12%)	12% at 20-year follow-up	All clinical outcomes were significantly improved
Rowan et al. (2019) ⁶⁸⁾	Case control study	ACLR (125) ACLR+LET (46)	NS	Reinjury: ACLR (5.9%) ACLR+LET (0%)	Good clinical outcome in ACLR+LET group (Lysholm, Tegner, RTS)
Redler et al. (2018) ⁶⁹⁾	Case series	Re ACLR+LET (118)	2.2 mm at final follow-up >5 mm (7.6%)	3.4%	All clinical outcomes were significantly improved
Getgood et al. (2020) ⁶³⁾	RCT	ACLR (312) ACLR+LET (306)	NS	ACLR: 40% (p<0.001) ACLR+LET: 25%	No significant difference

IR, internal rotation; RCT, randomized controlled trial; SB, single bundle; DB, double bundle; ACLR, anterior cruciate ligament reconstruction; ALLR, anterolateral ligament reconstruction; IKDC, International Knee Documentation Committee; NS, not specified; LET, lateral extra-articular tenodesis; RTS, return to sport.

한지에 대해서는 아직 정립되지는 않은 상태이다.

3) 고정 각도

이식건을 고정할 때 슬관절의 굴곡 상태에 대해서는 아직 합의된 바가 없다. 전외측인대 재건술의 경우 많은 연구에서 무릎 30도 굴곡에서 이식건의 고정을 시행하였으나^{71,73,74,81} 완전 신전 상태,⁵⁹ 45-60도,⁷² 또는 60-90도 굴곡 상태⁷⁸에서 고정을 시행한 연구들도 있었다. 외측 관절의 견고정술의 경우 많은 연구에서 무릎 90도 굴곡에서 이전 장경인대의 고정을 시행하였으며^{50,84} 30도 굴곡상태에서 고정을 시행한 연구도 있었다.⁸⁵ 하지만 이식건 고정에 있어서 중요한 것은 전외측인대는 등장성(isometric) 인대가 아니고 무릎 굴곡에 따라 길이가 늘어나는 구조임을 알고^{33,86} 이식건의 고정 시 적절한 긴장을 가지는 부위를 결정할 때 이를 고려해야 한다는 것이다. 최근의 생역학적 연구에서 전외측인대 재건술 시 30도 이상의 슬관절 굴곡각도에서 정상의 전외측인대에 비하여 내회전에 대하여 과긴장 상태를 유발한다고 보고하였다.³⁶ 이러한 점은 전외측인대 재건술의 실제 임상적 적용에 의문을 제시할 수 있을 것으로 판단되며 향후 전외측인대 재건술이 내회전과 슬관절 강직에 미치는 영향에 대하여 추가적인 연구가 필요함을 시사한다.

5. 임상적 결과

전외측인대의 존재에 대하여 다시 강조되기 전인 1980년대에 관절내 및 관절외 병합수술이 시행되었지만 병합수술이 관절내 전방십자인대 재건술에 비하여 우수한 결과를 보이지 않았다.^{53,54} 하지만 최근 들어 전외측인대의 존재가 전방십자인대 손상 환자에서 회전 불안정성에 중요한 역할을 할 수 있다고 재강조되고 해부학 및 생역학에 대한 많은 연구가 시행되면서 기존의 견고정술 방법의 변화와 새로운 재건술이 소개되어 여러 임상적 연구가 보고되고 있다(Table 2).^{57,60-69}

83명의 환자를 대상으로 전방십자인대 재건술 및 전외측인대 재건술을 같이 시행한 환자에서의 평균 32.4개월 추시관찰에서 1명의 이식건 실패(1.2%)만 관찰되었고 임상적 결과는 매우 호전되었으며 최종 추시관찰에서 pivot-shift는 대부분에서 관찰되지 않았고 7명에서만 1단계의 소견이 관찰되었다는 우수한 결과를 보고하였다.⁵⁷ 전외측인대 재건술과 관련된 연구들 중 지금까지 1개의 무작위 배정연구가 보고되었는데 고도의 pivot-shift를 보이는 40명의 환자들을 대상으로 그중 20명에서는 전방십자인대 재건술만 시행하고 20명에서는 전방십자인대 재건술 및 전외측인대 재건술을 같이 시행하였다. 2년 추시관찰상 임상적 평가 및 전방전위 검사에서는 두 군 간에 유의한 차이가 관찰되지 않았지만 경골의 내회전 정도로 평가한 회전 불안정성에 있어서는 외측 강화 술식을 시행한 군에서 유의하게 좋은 결과를 보인다고 보고하였다.⁶¹

외측 관절의 고정술 연구들 중 전방십자인대 재건술 및 외측 관절의 고정술 후 20년 이상 추시관찰한 연구에서 임상적 결과는 호전된 상태로 유지되었으며 임상적 실패는 6명(13.9%)에서 관찰되었고 12%의 환자에서 불안정성이 관찰되었다.⁶² 외측 관절의 고정술에서도 1개의 무작위 배정연구가 보고되었는데 298명에서 전방십자인대 재건술만 시행하고 291명에서는 전방십자인대 재건술 및 외측 관절의 고정술을 같이 시행하였다. 2년 추시관찰상 임상적 평가에서는 두 군 간에 유의한 차이가 관찰되지 않았지만 1단계 이상의 회전 불안정성이 전방십자인대 재건술군에서 40%로 전방십자인대 재건술 및 외측 관절의 고정술을 같이 시행한 군(25%)보다 유의하게 높게 관찰되었다. 이식건의 파열도 11%와 4%로 전방십자인대 재건술만 시행한 군에서 유의하게 높게 관찰되었다.⁶³

지금까지 보고된 최근의 후향적 연구들 및 무작위 배정연구 결과를 볼 때(Table 2),^{57,60-69} 외측 강화 술식은 회전 불안정성에 있어서 긍정적인 효과를 보이는 것으로 생각되나 아직까지 객관적인 근거는 부족한 실정으로 더 많은 무작위 배정연구들이 필요할 것으로 판단된다.

결론

슬관절 전외측인대는 해부학 및 생역학적 평가에서 경골의 내회전 및 전방전위의 안정성을 지지하는 2차적 구조물로 여겨진다. 최근의 임상적 연구들의 결과에서 슬관절의 회전 불안정성에 있어 긍정적인 효과를 보인다고 판단되나 아직까지 장기 추시 결과나 무작위 배정연구가 미흡하고 연구마다 다른 수술의 적응증과 다양한 수술 기법 및 과긴장 또는 관절 강직의 합병증 가능성을 고려할 때 앞으로 더 많은 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors have nothing to disclose.

ORCID

Seong Hwan Kim, <https://orcid.org/0000-0001-5471-5747>

Tae-Hyub Lee, <https://orcid.org/0000-0002-3060-3406>

Yong-Beom Park, <https://orcid.org/0000-0002-3741-2311>

REFERENCES

1. Chambat P, Guier C, Sonnery-Cottet B, Fayard JM, Thauinat M. The evolution of ACL reconstruction over the last fifty

- years. *Int Orthop*. 2013;37:181-6.
2. Freedman KB, D'Amato MJ, Nedeff DD, Kaz A, Bach BR Jr. Arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction: a metaanalysis comparing patellar tendon and hamstring tendon autografts. *Am J Sports Med*. 2003;31:2-11.
 3. Fu FH, Karlsson J. A long journey to be anatomic. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2010;18:1151-3.
 4. Hettrich CM, Dunn WR, Reinke EK; MOON Group, Spindler KP. The rate of subsequent surgery and predictors after anterior cruciate ligament reconstruction: two- and 6-year follow-up results from a multicenter cohort. *Am J Sports Med*. 2013;41:1534-40.
 5. Parkinson B, Robb C, Thomas M, Thompson P, Spalding T. Factors that predict failure in anatomic single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*. 2017;45:1529-36.
 6. Kennedy MI, Claes S, Fuso FA, et al. The anterolateral ligament: an anatomic, radiographic, and biomechanical analysis. *Am J Sports Med*. 2015;43:1606-15.
 7. Thein R, Boorman-Padgett J, Stone K, Wickiewicz TL, Imhauser CW, Pearle AD. Biomechanical assessment of the anterolateral ligament of the knee: a secondary restraint in simulated tests of the pivot shift and of anterior stability. *J Bone Joint Surg Am*. 2016;98:937-43.
 8. Grassi A, Zicaro JP, Costa-Paz M, et al. Good mid-term outcomes and low rates of residual rotatory laxity, complications and failures after revision anterior cruciate ligament reconstruction (ACL) and lateral extra-articular tenodesis (LET). *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2020;28:418-31.
 9. DePhillipo NN, Cinque ME, Chahla J, Geeslin AG, LaPrade RF. Anterolateral ligament reconstruction techniques, biomechanics, and clinical outcomes: a systematic review. *Arthroscopy*. 2017;33:1575-83.
 10. Imbert P, Lustig S, Steltzlen C, et al. Midterm results of combined intra- and extra-articular ACL reconstruction compared to historical ACL reconstruction data. Multicenter study of the French Arthroscopy Society. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2017;103(8 Suppl):S215-21.
 11. Louis ML, D'ingrado P, Ehkirch FP, et al. Combined intra- and extra-articular grafting for revision ACL reconstruction: a multicentre study by the French Arthroscopy Society (SFA). *Orthop Traumatol Surg Res*. 2017;103(8S):S223-9.
 12. Saithna A, Cavalier M, Kajetanek C, et al. Clinical results from the first large series of anterolateral ligament reconstruction demonstrate reduced ACL graft rupture rates and improved return to sport. *Arthroscopy*. 2017;33(10 Suppl1):e47-8.
 13. Sonnery-Cottet B, Barbosa NC, Vieira TD, Saithna A. Clinical outcomes of extra-articular tenodesis/anterolateral reconstruction in the ACL injured knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2018;26:596-604.
 14. Sonnery-Cottet B, Daggett M, Fayard JM, et al. Anterolateral Ligament Expert Group consensus paper on the management of internal rotation and instability of the anterior cruciate ligament - deficient knee. *J Orthop Traumatol*. 2017;18:91-106.
 15. Sonnery-Cottet B, Saithna A, Blakeney WG, et al. Anterolateral ligament reconstruction protects the repaired medial meniscus: a comparative study of 383 anterior cruciate ligament reconstructions from the SANTI study group with a minimum follow-up of 2 years. *Am J Sports Med*. 2018;46:1819-26.
 16. Huser LE, Noyes FR, Jurgensmeier D, Levy MS. Anterolateral ligament and iliotibial band control of rotational stability in the anterior cruciate ligament-intact knee: defined by tibiofemoral compartment translations and rotations. *Arthroscopy*. 2017;33:595-604.
 17. Noyes FR, Huser LE, Jurgensmeier D, Walsh J, Levy MS. Is an anterolateral ligament reconstruction required in ACL-reconstructed knees with associated injury to the anterolateral structures? A robotic analysis of rotational knee stability. *Am J Sports Med*. 2017;45:1018-27.
 18. Noyes FR, Huser LE, Levy MS. Rotational knee instability in ACL-deficient knees: role of the anterolateral ligament and iliotibial band as defined by tibiofemoral compartment translations and rotations. *J Bone Joint Surg Am*. 2017;99:305-14.
 19. Claes S, Vereecke E, Maes M, Victor J, Verdonk P, Bellemans J. Anatomy of the anterolateral ligament of the knee. *J Anat*. 2013;223:321-8.
 20. Dodds AL, Halewood C, Gupte CM, Williams A, Amis AA. The anterolateral ligament: anatomy, length changes and association with the Segond fracture. *Bone Joint J*. 2014;96:325-31.
 21. Dombrowski ME, Costello JM, Ohashi B, et al. Macroscopic anatomical, histological and magnetic resonance imaging correlation of the lateral capsule of the knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2016;24:2854-60.
 22. Bonanzinga T, Signorelli C, Grassi A, et al. Kinematics of ACL and anterolateral ligament. Part I: combined lesion.

- Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2017;25:1055-61.
23. Kosy JD, Mandalia VI, Anaspure R. Characterization of the anatomy of the anterolateral ligament of the knee using magnetic resonance imaging. *Skeletal Radiol*. 2015;44:1647-53.
 24. Helito CP, Demange MK, Helito PV, et al. Evaluation of the anterolateral ligament of the knee by means of magnetic resonance examination. *Rev Bras Ortop*. 2015;50:214-9.
 25. Helito CP, Helito PV, Costa HP, et al. MRI evaluation of the anterolateral ligament of the knee: assessment in routine 1.5-T scans. *Skeletal Radiol*. 2014;43:1421-7.
 26. Helito CP, Helito PVP, Costa HP, Demange MK, Bordalo-Rodrigues M. Assessment of the anterolateral ligament of the knee by magnetic resonance imaging in acute injuries of the anterior cruciate ligament. *Arthroscopy*. 2017;33:140-6.
 27. Patel RM, Brophy RH. Anterolateral ligament of the knee: anatomy, function, imaging, and treatment. *Am J Sports Med*. 2018;46:217-23.
 28. Hughston JC, Andrews JR, Cross MJ, Moschi A. Classification of knee ligament instabilities. Part II. The lateral compartment. *J Bone Joint Surg Am*. 1976;58:173-9.
 29. Johnson LL. Lateral capsular ligament complex: anatomical and surgical considerations. *Am J Sports Med*. 1979;7:156-60.
 30. Helito CP, Bonadio MB, Soares TQ, et al. The meniscal insertion of the knee anterolateral ligament. *Surg Radiol Anat*. 2016;38:223-8.
 31. Getgood A, Brown C, Lording T, et al. The anterolateral complex of the knee: results from the International ALC Consensus Group Meeting. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2019;27:166-76.
 32. Parsons EM, Gee AO, Spiekerman C, Cavanagh PR. The biomechanical function of the anterolateral ligament of the knee. *Am J Sports Med*. 2015;43:669-74.
 33. Helito CP, Helito PV, Bonadio MB, et al. Evaluation of the length and isometric pattern of the anterolateral ligament with serial computer tomography. *Orthop J Sports Med*. 2014;2:2325967114562205.
 34. Geeslin AG, Chahla J, Moatshe G, et al. Anterolateral knee extra-articular stabilizers: a robotic sectioning study of the anterolateral ligament and distal iliotibial band Kaplan fibers. *Am J Sports Med*. 2018;46:1352-61.
 35. Kittl C, El-Daou H, Athwal KK, et al. The role of the anterolateral structures and the ACL in controlling laxity of the Intact and ACL-deficient knee. *Am J Sports Med*. 2016;44:345-54.
 36. Schon JM, Moatshe G, Brady AW, et al. Anatomic anterolateral ligament reconstruction of the knee leads to overconstraint at any fixation angle. *Am J Sports Med*. 2016;44:2546-56.
 37. Park YB, Lee HJ, Ro DH, Lee GY, Kim S, Kim SH. Anterolateral ligament injury has a synergic impact on the anterolateral rotatory laxity in acute anterior cruciate ligament-injured knees. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2019;27:3334-44.
 38. Song GY, Zhang H, Wu G, et al. Patients with high-grade pivot-shift phenomenon are associated with higher prevalence of anterolateral ligament injury after acute anterior cruciate ligament injuries. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2017;25:1111-6.
 39. Muller B, Hofbauer M, Rahnama-Azar AA, et al. Development of computer tablet software for clinical quantification of lateral knee compartment translation during the pivot shift test. *Comput Methods Biomech Biomed Engin*. 2016;19:217-28.
 40. Berruto M, Uboldi F, Gala L, Marelli B, Albisetti W. Is triaxial accelerometer reliable in the evaluation and grading of knee pivot-shift phenomenon? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2013;21:981-5.
 41. Zaffagnini S, Lopomo N, Signorelli C, et al. Innovative technology for knee laxity evaluation: clinical applicability and reliability of inertial sensors for quantitative analysis of the pivot-shift test. *Clin Sports Med*. 2013;32:61-70.
 42. Kim SH, Park YB, Ham DW, Lim JW, Lee HJ. Stress radiography at 30° of knee flexion is a reliable evaluation tool for high-grade rotatory laxity in complete ACL-injured knees. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. Published online November 29, 2019; doi:10.1007/s00167-019-05803-w.
 43. Cavaignac E, Faruch M, Wytrykowski K, et al. Ultrasonographic evaluation of anterolateral ligament injuries: correlation with magnetic resonance imaging and pivot-shift testing. *Arthroscopy*. 2017;33:1384-90.
 44. Oshima T, Nakase J, Numata H, Takata Y, Tsuchiya H. Ultrasonography imaging of the anterolateral ligament using real-time virtual sonography. *Knee*. 2016;23:198-202.
 45. Helito CP, Helito PV, Bonadio MB, et al. Correlation of magnetic resonance imaging with knee anterolateral ligament anatomy: a cadaveric study. *Orthop J Sports Med*. 2015;3:2325967115621024.

46. Taneja AK, Miranda FC, Braga CA, et al. MRI features of the anterolateral ligament of the knee. *Skeletal Radiol*. 2015;44:403-10.
47. Porrino J Jr, Maloney E, Richardson M, Mulcahy H, Ha A, Chew FS. The anterolateral ligament of the knee: MRI appearance, association with the Segond fracture, and historical perspective. *AJR Am J Roentgenol*. 2015;204:367-73.
48. Van der Watt L, Khan M, Rothrauff BB, et al. The structure and function of the anterolateral ligament of the knee: a systematic review. *Arthroscopy*. 2015;31:569-82.e3.
49. Andrade R, Rebelo-Marques A, Bastos R, et al. Identification of normal and injured anterolateral ligaments of the knee: a systematic review of magnetic resonance imaging studies. *Arthroscopy*. 2019;35:1594-613.e1.
50. Ireland J, Trickey EL. Macintosh tenodesis for anterolateral instability of the knee. *J Bone Joint Surg Br*. 1980;62:340-5.
51. Amirault JD, Cameron JC, MacIntosh DL, Marks P. Chronic anterior cruciate ligament deficiency. Long-term results of MacIntosh's lateral substitution reconstruction. *J Bone Joint Surg Br*. 1988;70:622-4.
52. Andrews JR, Sanders RA, Morin B. Surgical treatment of anterolateral rotatory instability. A follow-up study. *Am J Sports Med*. 1985;13:112-9.
53. Anderson AF, Snyder RB, Lipscomb AB Jr. Anterior cruciate ligament reconstruction. A prospective randomized study of three surgical methods. *Am J Sports Med*. 2001;29:272-9.
54. Strum GM, Fox JM, Ferkel RD, et al. Intraarticular versus intraarticular and extraarticular reconstruction for chronic anterior cruciate ligament instability. *Clin Orthop Relat Res*. 1989;(245):188-98.
55. Hussein M, van Eck CF, Cretnik A, Dinevski D, Fu FH. Individualized anterior cruciate ligament surgery: a prospective study comparing anatomic single- and double-bundle reconstruction. *Am J Sports Med*. 2012;40:1781-8.
56. Maletis GB, Inacio MC, Funahashi TT. Analysis of 16,192 anterior cruciate ligament reconstructions from a community-based registry. *Am J Sports Med*. 2013;41:2090-8.
57. Sonnery-Cottet B, Thaunat M, Freychet B, Pupim BH, Murphy CG, Claes S. Outcome of a combined anterior cruciate ligament and anterolateral ligament reconstruction technique with a minimum 2-year follow-up. *Am J Sports Med*. 2015;43:1598-605.
58. Trichine F, Alsaati M, Chouteau J, Moyon B, Bouzitouna M, Maza R. Patellar tendon autograft reconstruction of the anterior cruciate ligament with and without lateral plasty in advanced-stage chronic laxity. A clinical, prospective, randomized, single-blind study using passive dynamic X-rays. *Knee*. 2014;21:58-65.
59. Sonnery-Cottet B, Barbosa NC, Tuteja S, Daggett M, Kajetanek C, Thaunat M. Minimally invasive anterolateral ligament reconstruction in the setting of anterior cruciate ligament injury. *Arthrosc Tech*. 2016;5:e211-5.
60. Vadalà AP, Iorio R, De Carli A, et al. An extra-articular procedure improves the clinical outcome in anterior cruciate ligament reconstruction with hamstrings in female athletes. *Int Orthop*. 2013;37:187-92.
61. Abdelrazek BH, Gad AM, Abdel-Aziz A. Rotational stability after ACL reconstruction using anatomic double bundle technique versus anatomic single bundle technique plus anterolateral ligament augmentation. *J Arthrosc Joint Surg*. 2019;6:108-13.
62. Zaffagnini S, Marcheggiani Muccioli GM, Grassi A, et al. Over-the-top ACL reconstruction plus extra-articular lateral tenodesis with hamstring tendon grafts: prospective evaluation with 20-year minimum follow-up. *Am J Sports Med*. 2017;45:3233-42.
63. Getgood AMJ, Bryant DM, Litchfield R, et al. Lateral extra-articular tenodesis reduces failure of hamstring tendon autograft anterior cruciate ligament reconstruction: 2-year outcomes from the Stability Study randomized clinical trial. *Am J Sports Med*. 2020;48:285-97.
64. Helito CP, Sobrado MF, Giglio PN, et al. Combined reconstruction of the anterolateral ligament in patients with anterior cruciate ligament injury and ligamentous hyperlaxity leads to better clinical stability and a lower failure rate than isolated anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*. 2019;35:2648-54.
65. Ibrahim SA, Shohdy EM, Marwan Y, et al. Anatomic reconstruction of the anterior cruciate ligament of the knee with or without reconstruction of the anterolateral ligament: a randomized clinical trial. *Am J Sports Med*. 2017;45:1558-66.
66. Lee DW, Kim JG, Cho SI, Kim DH. Clinical outcomes of isolated revision anterior cruciate ligament reconstruction or in combination with anatomic anterolateral ligament reconstruction. *Am J Sports Med*. 2019;47:324-33.
67. Mogos S, Sendrea B, Stoica IC. Combined anatomic anterior cruciate ligament and anterolateral ligament reconstruction. *Maedica (Buchar)*. 2017;12:30-5.

68. Rowan FE, Huq SS, Haddad FS. Lateral extra-articular tenodesis with ACL reconstruction demonstrates better patient-reported outcomes compared to ACL reconstruction alone at 2 years minimum follow-up. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2019;139:1425-33.
69. Redler A, Iorio R, Monaco E, et al. Revision anterior cruciate ligament reconstruction with hamstrings and extra-articular tenodesis: a mid- to long-term clinical and radiological study. *Arthroscopy.* 2018;34:3204-13.
70. Kernkamp WA, van de Velde SK, Bakker EW, van Arkel ER. Anterolateral extra-articular soft tissue reconstruction in anterolateral rotatory instability of the knee. *Arthrosc Tech.* 2015;4:e863-7.
71. Smith JO, Yasen SK, Lord B, Wilson AJ. Combined anterolateral ligament and anatomic anterior cruciate ligament reconstruction of the knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015;23:3151-6.
72. Ferreira Mde C, Zidan FF, Miduati FB, Fortuna CC, Mizutani BM, Abdalla RJ. Reconstruction of anterior cruciate ligament and anterolateral ligament using interlinked hamstrings - technical note. *Rev Bras Ortop.* 2016;51:466-70.
73. Chahla J, Menge TJ, Mitchell JJ, Dean CS, LaPrade RF. Anterolateral ligament reconstruction technique: an anatomic-based approach. *Arthrosc Tech.* 2016;5:e453-7.
74. Wagih AM, Elguindy AM. Percutaneous reconstruction of the anterolateral ligament of the knee with a polyester tape. *Arthrosc Tech.* 2016;5:e691-7.
75. Wytrykowski K, Swider P, Reina N, et al. Cadaveric study comparing the biomechanical properties of grafts used for knee anterolateral ligament reconstruction. *Arthroscopy.* 2016;32:2288-94.
76. Moyan BJ, Jenny JY, Mandrino AH, Lerat JL. Comparison of reconstruction of the anterior cruciate ligament with and without a Kennedy ligament-augmentation device. A randomized, prospective study. *J Bone Joint Surg Am.* 1992;74:1313-9.
77. Roth JH, Kennedy JC, Lockstadt H, McCallum CL, Cunningham LA. Intra-articular reconstruction of the anterior cruciate ligament with and without extra-articular supplementation by transfer of the biceps femoris tendon. *J Bone Joint Surg Am.* 1987;69:275-8.
78. Helito CP, Bonadio MB, Gobbi RG, et al. Combined intra- and extra-articular reconstruction of the anterior cruciate ligament: the reconstruction of the knee anterolateral ligament. *Arthrosc Tech.* 2015;4:e239-44.
79. Caterine S, Litchfield R, Johnson M, Chronik B, Getgood A. A cadaveric study of the anterolateral ligament: re-introducing the lateral capsular ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015;23:3186-95.
80. Helito CP, Demange MK, Bonadio MB, et al. Radiographic landmarks for locating the femoral origin and tibial insertion of the knee anterolateral ligament. *Am J Sports Med.* 2014;42:2356-62.
81. Lutz C, Sonnery-Cottet B, Imbert P, Barbosa NC, Tuteja S, Jaeger JH. Combined anterior and anterolateral stabilization of the knee with the iliotibial band. *Arthrosc Tech.* 2016;5:e251-6.
82. Slette EL, Mikula JD, Schon JM, et al. Biomechanical results of lateral extra-articular tenodesis procedures of the knee: a systematic review. *Arthroscopy.* 2016;32:2592-611.
83. Kittl C, Halewood C, Stephen JM, et al. Length change patterns in the lateral extra-articular structures of the knee and related reconstructions. *Am J Sports Med.* 2015;43:354-62.
84. Ellison AE. Distal iliotibial-band transfer for anterolateral rotatory instability of the knee. *J Bone Joint Surg Am.* 1979;61:330-7.
85. Lemaire M. [Ruptures anciennes du ligament croise anterieur du genou]. *J Chir.* 1967;93:311-20. French.
86. Kernkamp WA, Van de Velde SK, Hosseini A, et al. In vivo anterolateral ligament length change in the healthy knee during functional activities-a combined magnetic resonance and dual fluoroscopic imaging analysis. *Arthroscopy.* 2017;33:133-9.

슬관절의 전방십자인대 재건술

슬관절 전외측인대의 해부학, 생역학, 수술법 및 임상적 결과

김성환 • 이태협* • 박용범[✉]

중앙대학교 의과대학 정형외과학교실, 중앙대학교병원 정형외과, *중앙대학교 의과대학

전방십자인대 재건술은 슬관절 수술 중에서 흔하게 시행되는 수술 중 한가지이나 해부학 및 생역학에 대한 이해가 증가하여 수술 기법의 다양한 변화가 있었음에도 수술 실패는 7%~16% 정도로 보고되고 있어 회전 불안정성에 대한 관심은 지속적으로 강조되고 있다. 최근 들어 전외측인대가 회전 불안정성에 대한 2차적인 지지 구조물로 많은 관심을 받고 연구되고 있다. 하지만 아직까지 전외측인대의 해부학적 형태, 생역학 및 임상 결과에 있어서 논란이 있다. 전외측인대는 대퇴골 외상과 부위에서 경골 근위부의 Gerdy's 결절과 비골 골두 사이에서 슬관절 전외측으로 주행하는 구조물로 알려져 있으며 생역학적 연구에서 경골의 내회전에 따라 전외측인대의 긴장도가 증가하는 슬관절 회전안정성에 기여를 하는 구조물로 알려져 있다. 전외측인대 손상의 진단은 신체검사, 방사선적 검사, 자기공명영상 등의 다양한 검사를 이용하여 종합적으로 판단하며 그중 주로 pivot-shift 검사와 자기공명영상의 결과를 종합하여 진단하게 된다. 최근에는 장경인대의 Kaplan 섬유 등과 같이 전외측인대 복합체로 판단하기도 하며 그 구조물들의 손상여부를 각각 고려하기도 한다. 치료에 있어서 다양한 수술법이 소개되어 사용되고 있고, 연구마다 다른 수술의 적응증을 제시하고 있는 실정으로 최근의 임상적 연구에서 회전 불안정성에 있어 긍정적인 효과를 보고하였지만 앞으로 더 많은 연구가 진행되어야 전외측인대를 강화하는 외측 강화 술식의 유용성에 대한 정확한 평가가 될 수 있을 것으로 판단된다.

색인단어: 슬관절, 전방십자인대, 회전 불안정성, 전외측인대

접수일 2019년 12월 31일 수정일 2020년 2월 4일 게재확정일 2020년 2월 4일

[✉]책임저자 박용범

06973, 서울시 동작구 흑석로 102, 중앙대학교 의과대학 정형외과학교실, 중앙대학교병원 정형외과

TEL 02-6299-1593, FAX 02-6299-2064, E-mail whybe1122@gmail.com, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3741-2311>