

후방십자인대 후외측 해부학/생역학

유 주 형 국민건강보험 일산병원



AT A GLANCE

후방십자인대(Posterior cruciate ligament, PCL)는 슬관절 굴곡 상태에서 후방 전위 부하에 저항하고, 슬관절 신전 상태에서 후방 전위는 주로 슬관절 후외측 및 후내측 구조물들에 의하여 이루어진다. 후외측 구조물은 외회전 및 내반에 일차적으로 저항하는 구조물이고 PCL은 슬관절 90도에서 120도 굴곡에서 외회전 및 내반 및 외반에 대해 2차적으로 저항한다.

| 후방십자인대 해부학 |

후방십자인대(Posterior cruciate ligament, PCL)는 대퇴골에 대한 경골의 후방 전위에 저항하는 일차 구조물로 대퇴골 부착부는 과간 절흔(intercondylar notch) 내에서 내과 외측면 후방부에 위치하고, 전방 경계는 관절면에서 약 3~5mm 정도 후방 위치하며 기시부 장축의 길이는 약 32~38mm, 넓이는 약 125~200mm²로 다양하다.

경골 쪽으로 주행하는 PCL의 길이는 32~38mm이고 평균 두께는 13mm이며 중간 실질부의 단면적은

약 31.2mm²로 골부착부위보다는 3배 가늘고 ACL 보다는 약 1.5~2배 굵다.

PCL은 경골 후연에서 1.0~1.5cm 아래에 있는 PCL facet에 부착하는데, 사다리꼴 모양으로 내외측방향으로 배열되어 있으며 전후방 길이는 약 14~16mm, 내외측 폭은 약 10~16mm이다. PCL의 경골 부착부의 바로 근위부는 lateral meniscus의 후각부와 연결되어 있으며, 뒤쪽은 후방 관절낭 및 골막과 혼합되어 있다.

PCL이 대퇴골 부착부에서 경골 부착부에 이르는 해부학적 위치에 따라 전외측 다발(anterolateral bundle)과 후내측 다발(posteromedial bundle)로 구분하는데, 전외측 다발이 PCL 단면적의 약 85%를 차지하며 생역학적으로 더 중요한 역할을 한다.

반월연골판대퇴인대(meniscofemoral ligament)는 PCL과 함께 후방십자인대 복합체를 구성하며, 외측 반월연골판 후각부에서 시작하여 PCL의 전후방을 지나 대퇴 내과에서 PCL 부착부의 전방과 후방에 부착하는데, PCL의 전방을 지나는 인대를 Humphrey ligament, 후방을 지나는 인대를 Wrisberg ligament라고 부른다. Humphrey ligament는 74~75%, Wrisberg ligament는 59~80%에서 존재하며 둘 중

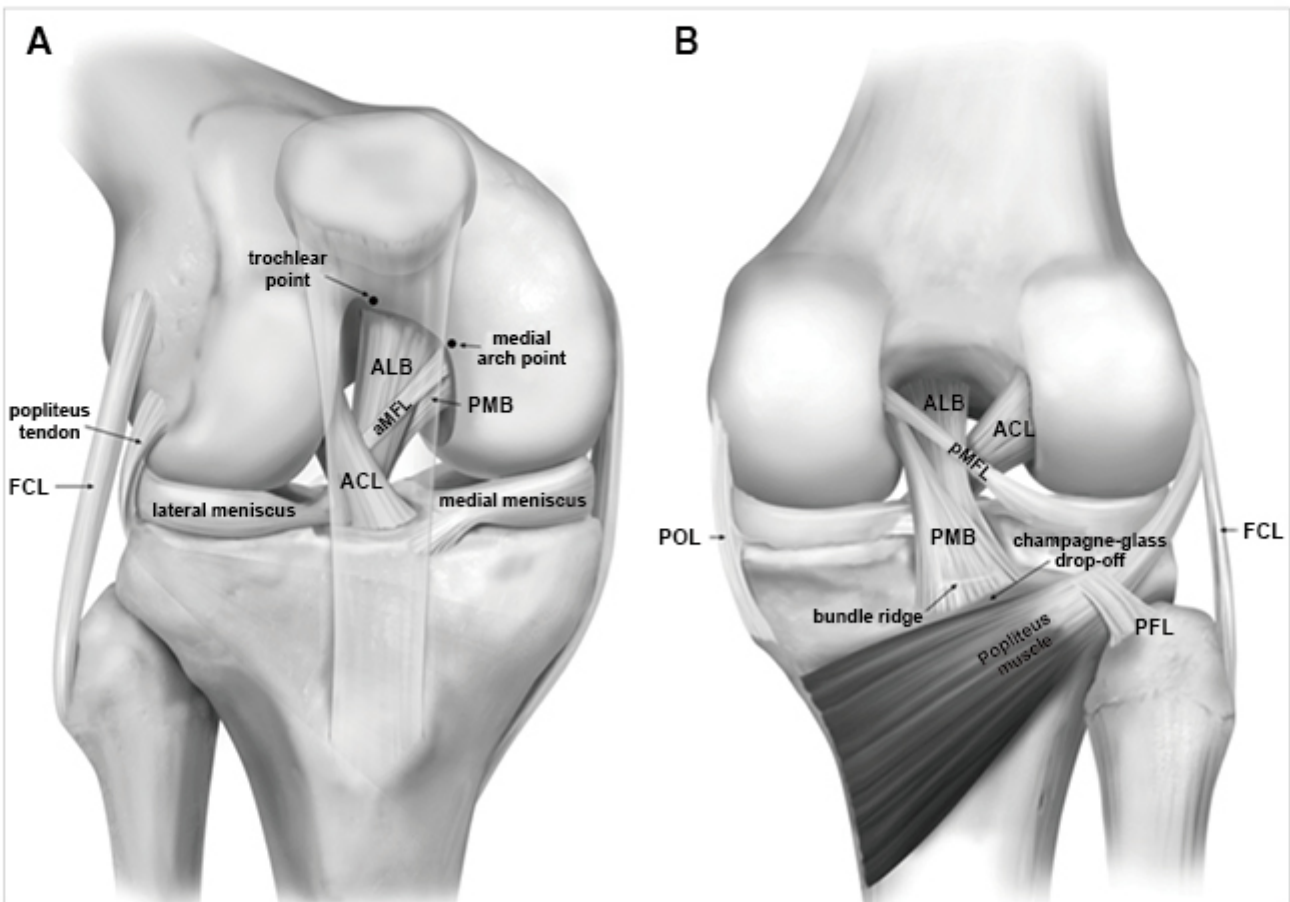


그림 1. 후방십자인대 및 후외측 구조. ACL, anterior cruciate ligament; aMFL, anterior meniscofemoral ligament (ligament of Humphrey); FCL, fibular collateral ligament; PFL, popliteofibular ligament; pMFL, posterior meniscofemoral ligament (ligament of Wrisberg); POL, posterior oblique ligament.

* 출처: Kennedy NI et al, Am J Sports Med, 2013

에 하나라도 있을 확률은 93%로 알려져 있다. 사체 실험에 따르면 반월연골판대퇴인대가 후방 전위에 저항하는 정도는 PCL이 있는 경우에는 28%, 없는 경우에는 70%로 알려져 있다. PCL에는 많은 신경말단이 존재하여 고유수용감각(proprioception)에 관여하며, 혈액공급은 주로 중슬동맥(middle geniculate artery)과 일부 하내외슬동맥(inferior medial and lateral geniculate artery)에 의해 이루어진다.

| 후방십자인대 생역학 |

PCL은 슬관절 굴곡 상태에서 후방 전위 부하에 약

90~95% 저항하지만, 슬관절 신전 상태에서 후방 전위는 주로 슬관절 후외측 및 후내측 구조물들에 의하여 이루어진다. 슬관절 90도에서 120도 굴곡에서 PCL은 외회전 및 내반 및 외반에 대해 이차적으로 저항하고, 외회전 및 내반에 일차적으로 저항하는 것은 후외측 구조물이다.

PCL은 전방십자인대보다 2배의 인장 강도(tensile strength)가 있고, 선형 강도(linear stiffness)는 전외측 다발이 후내측 다발과 meniscofemoral ligament보다 2.6~2.7배 강하고, 전외측 다발의 극한 하중(ultimate load)은 후내측 다발보다 3배, 반월연골

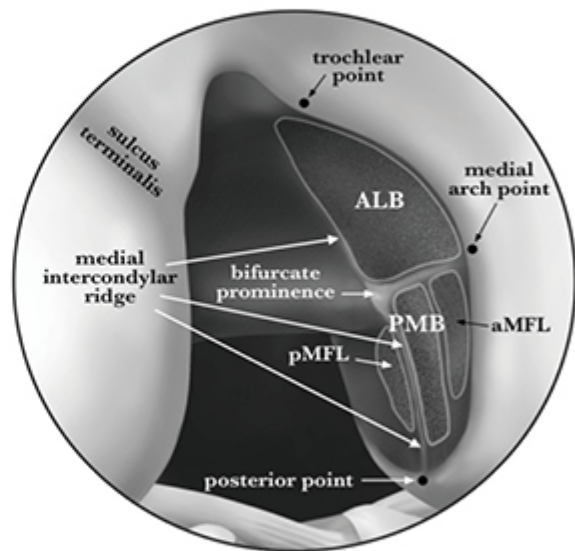
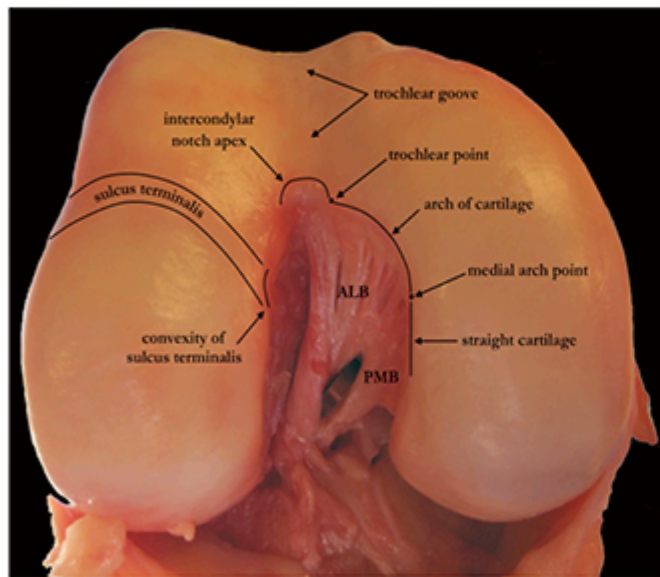


그림 2. 우측 슬관절 관절경 소견 ; ALB = anterolateral bundle, aMFL = anterior meniscofemoral ligament, PMB = posteromedial bundle, and pMFL = posterior meniscofemoral ligament.

* 출처: Anderson CJ et al, JBJS, 2012

판대퇴인대(meniscofemoral ligament)보다 5배 강하다.

전외측 다발은 굴곡시 긴장되고 후내측 다발은 신전시 긴장되기 때문에 경골의 후방전위에 대해 굴곡과 신전에서 독립적으로 저항한다고 생각됐지만, 전외측 다발은 굴곡시 더 수직으로 위치하게 되고 후내측 다발은 수평위치가 되기 때문에 두 다발 모두 굴곡시 후방 전위에 대하여 상응하는 기능이 있다고 인식되고 있다.

PCL이 결손되면 경골의 회전이나 내외반 변화 없이 30도 이상부터 90도까지 느슨해진 후관절낭으로 인하여 경골의 후방 전위가 점차 증가하는데 후외측 구조물이 추가로 절단되면 두 배에 가까운 후방 전위가 발생한다. PCL 결손시 모든 굴곡 각도에서 슬관절 내측 구획에 현저한 접촉 압력이 증가하고, 슬개대퇴관절에는 0~60도 굴곡 사이에서는 정상인과 같이 접촉 압력 차이가 없지만 60도 이상의 굴곡에

서는 현저한 경골의 후방 전위와 외회전 증가를 보이며, 외회전 증가는 슬개대퇴관절의 외측면에 접촉 압력을 증가시켜 퇴행성 관절염의 발생 원인을 제공한다. 따라서 PCL 결손시 기능회복 운동을 할 때 0도에서 60도 굴곡에서는 슬개대퇴관절에 무리가 없지만, 그 이상 굴곡에서의 운동은 바람직하지 않다.

PCL 손상은 기간이 경과함에 따라 슬관절의 안정성이 감소하고 통증이 증가하며, 손상 후 접지기(heel-strike) 전에 대퇴사두근 수축으로 후방 전위된 경골을 보상하려는 적응 노력에도 불구하고 장기적으로 경골대퇴관절은 물론 슬개대퇴관절에 관절염이 발생하며, 다방향(multidirectional)불안정성이 동반된 경우에 더 심해지기 때문에 이러한 경우에 수술적인 치료를 고려해야 한다.

반월연골판대퇴인대(meniscofemoral ligament)의 기능은 슬관절을 15~90도 굴곡 상태에서 후방 전위를 방지하는 기능이 있으며 PCL이 정상일 때는 약

28%, 기능이 없을 때는 70%의 후방전위를 막는 기능이 있으며, 회전 작용에는 기능이 없다고 알려져 있다.

| 후외측 구조물 해부학 |

후외측 구조물 중에서 안정성에 중요한 역할을 하는 것은 외측 측부인대(lateral Collateral ligament, LCL), 슬와건(Popliteus tendon complex), popliteofibular ligament(슬와비골인대)이다. LCL과 슬와비골인대는 슬관절 30도 이하의 굴곡에서 내반과 외회전에 대한 main static stabilizer 역할을 하고, 슬와건은 슬관절 추가 굴곡시 외회전 및 경골 후방전위에 대한 dynamic stabilizer 역할을 한다. 따라서 이들 구조물들이 손상되면 후방 및 후외측 불안정성과 외회전 및 내반 불안정성이 유발되어 관절 연골 손상에 따른 퇴행성 관절염 변화가 가속된다.

LCL은 대퇴골 외상과 약 1.4mm 근위부, 3.1mm 후방에서 시작하여 원위부로는 비골두의 외측에 붙으며 평균 길이는 69.6mm로 알려져 있다.

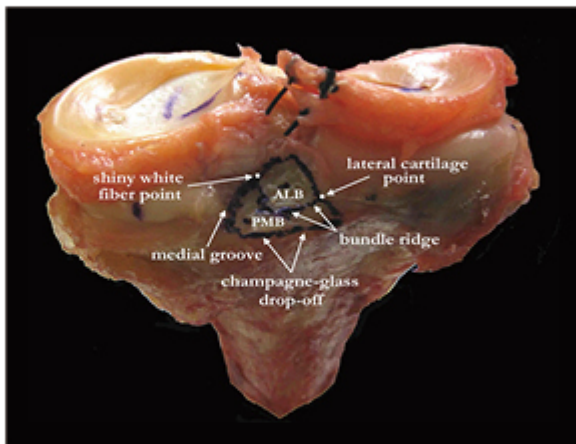


그림 3. 우측 슬관절 후방십자인대 경골 부착부 ; ALB = anterolateral bundle, and PMB = posteromedial bundle

* 출처: Anderson CJ et al. J.BJS. 2012

슬와건은 대퇴골 외상과의 바로 앞쪽 원위부에서 기시하여 LCL 안쪽으로 주행하여 대퇴 슬와 구(femoral popliteus sulcus)를 지나서 대퇴 외과 후방의 관절 내로 들어와 다시 슬와공(popliteal hiatus)을 통과하여 관절을 빠져나간 후에 슬와와(popliteal fossa)의 바깥쪽 1/3 지점에서 근건 이행이 되면서 경골 근위부 후방, popliteal line 상부에 넓게 부착한다. 이때 기시부에서 근건 이행부까지 슬와건의 길이는 평균 54.5mm이다. 슬와건은 외측반월연골판과 슬와반월연골 섬유속(Popliteomeniscal Fascicle)으로 연결되어 있으며, 전하방 후상방 후하방 세 개의 섬유속으로 이루어져 있다. 상방의 다발은 슬와건의 건막 내측 섬유에서 기시하며 하방의 다발은 경골의 모서리에서 연골판으로 이어지는 관상인대이다. 이는 외측반월연골판의 안정성에 중요한 역할을 하며, 슬와비골인의 부착부로서 역할을 한다. 슬와비골인대는 슬와건의 근건 이행부(musculotendinous junction)에서 시작하여 비골두의 경상돌기에 붙는데, 전방부와 후방부로 나뉘고 전방부는 비골두의 경상돌기의 앞쪽 경사면의 내측면에 붙고, 후방부는 경상돌기의 뒤쪽 부분의 내측면에 붙으며, 대개 후방부가 전방부보다 크고, 사체 연구에서 각각 94%, 98%에서 관찰되는 것으로 알려져 있다. 슬관절 신전에서 긴장되어 과도한 외회전을 방지하고 LCL이 손상된 경우에는 슬관절의 내반 변형에 저항을 한다.

| 후외측 구조물의 생역학 |

후외측 구조물은 내반력과 외회전에 대하여 일차적인 안정성을 제공하며 경골의 후방전위에 대하여도 PCL과 더불어 안정성을 제공한다. LCL은 슬관절의 모든 운동 범위에서 내반력에 대한 일차적인 저항을 제공하는데 특히 5도에서 25도 굴곡에서 작용되는 힘이 가장 크다. 경골의 외회전에 대하여 LCL의 경

우에는 신전에 가까울수록 일차적인 저항을 제공하고 슬와건과 슬와비골인대는 슬관절 굴곡시 일차적인 저항력을 제공한다.

후외측 구조물의 손상은 PCL 손상 여부에 따라 불안정 여부가 달라지는데, 외회전 불안정은 후외측 구조물 손상시에 30도 굴곡에서 가장 크고 그 이상 굴곡이 될수록 감소하여 90도 굴곡에서는 외회전 불안정의 정도가 적다. 하지만 PCL 단독 손상의 경우에는 어느 범위에서도 외회전에 영향을 받지 않지만 PCL과 후외측 구조물이 모두 손상되면 90도 굴곡에서 경골 외회전이 가장 많이 발생한다. 따라서 후외측 구조물 손상을 평가하는 경골 외회전 검사는 30도 굴곡 상태에서 시행하고, PCL과 후외측 손상이 동반되어 있는지 평가하는 외회전 검사는 슬관절이 굴곡 90도 상태에서 시행한다.

후방 불안정에 있어서 PCL 단독 손상에서는 모든 범위에서 경골 후방 전위가 하지만 완전 신전 상태에서 후방 전위가 가장 적고 90도 굴곡에서 가장 많이 일어난다. 하지만 후외측 구조물 단독 손상의 경우에는 신전에 가까울 때 가장 많은 경골 후방전위가 일어난다. 이는 후방 전위에 대한 저항은 초기 굴곡에서는 후외측 구조물이 제공하고 굴곡 90도에 가까울수록 후방십자인대가 저항력을 제공함을 알 수 있다.

내반 변형에 있어서는 LCL이 정상이면 내반 변형은 일어나지 않으나 이를 절단하면 굴곡 15도 정도에서 약 4.5mm의 외측 관절 개방이 관찰되며, 추가로 후외측 구조물을 절단하면 내반 변형의 정도가 증가하며 특히 30도 굴곡에서 더욱 증가한다. 이때 PCL를 추가 절단하면 후방전위, 내반 변형이 증가되며 경골의 외회전이 모든 각도에서 증가하여 외측 관절 개방 정도는 더 증가한다.

슬개대퇴관절의 압박력에 있어서는 PLC 단독 손상보다 PLC와 후외측 복합인대 모두 손상시 슬개대퇴관절의 압박력이 증가한다. **JointOS**

References

1. Kennedy NJ, Wijdicks CA, Goldsmith MT, Michalski MP, Devitt BM, et al. Kinematic analysis of the posterior cruciate ligament, part 1: the individual and collective function of the anterolateral and posteromedial bundles. *Am J Sports Med.* 2013; 41(12):2828–38.
2. Colin J Anderson¹, Connor G Ziegler, Coen A Wijdicks, Lars Engebretsen, Robert F LaPrade. Arthroscopically pertinent anatomy of the anterolateral and posteromedial bundles of the posterior cruciate ligament *J Bone Joint Surg Am* 2012 Nov 7;94(21):1936~45.