

후방 십자 인대의 등장성

순천향대학교 의과대학 정형외과학교실

이 병 일

서 론

근래 후방십자인대의 손상빈도가 증가하고, 이에 대한 치료로서 보존적 요법이 선택되어 왔으나, 장기 추시 결과 비교적 만족할 만한 결과를 얻지 못하여, 최근에는 선택적인 경우에 수술적 방법이 선호되고 있는 경향이다^{6,14}. 후방십자인대 재건술시 이의 결과에 영향을 미치는 요인으로는 이식건의 선택(graft selection), 이식건의 부착위치(graft placement), 이식건의 장력(graft tensioning), 이식건의 고정방법(graft fixation), 재활요법(rehabilitation) 등이 있으나, 이 중 특히 이식건의 부착 위치는 후방십자인대 재건술의 결과에 영향을 미치는 중요한 인자로 인정되고 있다. 후방십자인대 재건술시 이식건의 부착 위치에 대하여는 많은 연구가 진행되어 왔으나, 다양한 결과가 보고되고 있어 임상적으로는 정확한 부착 위치에 대하여 혼란이 있는 것도 사실이다. 그러므로 저자는 많은 연구중 실험방법 및 결과 등에서 그 정확성과 신빙성이 인정되고 있는 연구들에 대하여 비교 종합하고, 그 결과가 나온 실험에 대하여 면밀한 검토를 하여 후방십자인대 재건술시 이식건의 부착 위치를 정하는데 도움이 되고자 한다.

기능적 해부

슬관절의 후방십자인대는 두 개의 섬유다발(band), 즉 전외방 섬유다발과 후내방 섬유다발로 구성되었다고 알려져 있으며¹³, Harner 등¹²은 전외방 섬유다발이 후내방 섬유다발에 비하여 부피가 2배이며, 강도가 3배라고 하였으며, Race와 Amis¹⁶는 전외방 섬유다발이 후내방 섬유다발의 4배의 부피를 가지고, 6배의 강도를 갖는다고 하여 전외방 섬유다발이 생역학적으로 중요하다고 하였다. 또한 전외방 섬유다발은 슬관절의 굴곡시 긴장되고, 신전시 비교적 이완되며, 후내방 섬유다발은 신전시 긴장되고, 굴곡시 비교적 이완이 된다^{3,9}(Fig. 1). 이러한 두 개의 섬유다발

외에 Humphry인대와 Wrisberg인대가 있으며, 이의 존재 여부 및 크기는 불규칙하나 일반적으로 후방십자인대 크기의 약 20%를 차지하는 것으로 알려져 있다².

이식건의 부착위치(graft placement)

이식건의 부착위치에 대하여는 일반적으로 등장위치(isometric placement)를 선호하는 학파와^{14,17,19} 해부학적 위치(anatomic placement)를 선호하는 학파^{1,5,16}로 대별할 수 있다. 등장위치를 선호하는 학파는 현재까지의 수술방법으로는 이식건을 해부학적인 인대와 같이 복제하기는 사실상 불가능하므로, 기능적으로 만이라도 이식건이 슬관절의 굴신운동시 길이와 긴장성의 변화가 없도록 할 수 있는 등장 위치를 찾아 이식하는 것이 가장 이상적이라고 한다. 이에 반하여 해부학적인 위치를 선호하는 학파는 완전한 등장 위치는 존재하지도 않을뿐더러, 거의 등장성을 유지하는 등장점을 찾더라도, 실제 수술시는 점에서 하는 것이 아니라 터널을 이용하여 하는 것이므로 등장성이 변하고, 근육운동으로 등장점이 변하므로, 정확한 등장점을 찾는 것은 불가능하다고 하여, 해부학적인 위치에 이식건을 부착하는 것이 가장 좋은 결과를 얻는다고 주장하고 있다.

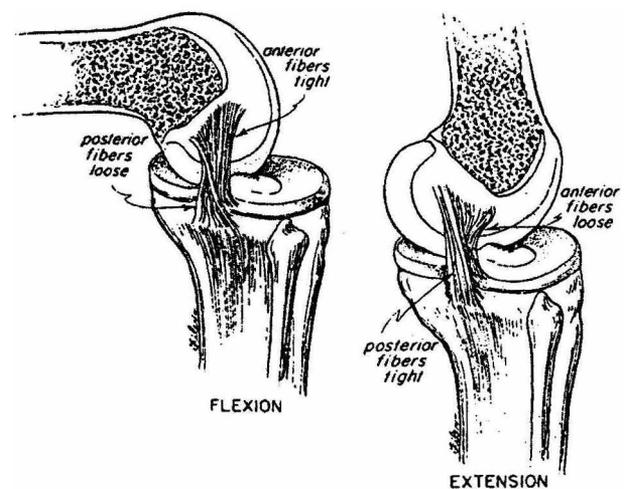


Fig. 1. Tensioning of different components of the PCL during range of motion.

* 통신저자 : 이 병 일
 순천향대학교 의과대학 정형외과학교실

1. 등장위치(isometric placement)

이식건의 등장위치를 찾기 위하여 많은 연구가 진행되어 왔으며, 그 결과 얻은 등장점은 다양한 결과로 보고되고 있다. 이러한 다양한 결과를 이해하기 위하여는 여러 학자들에 의하여 실행된 실험방법과 결과를 검토하는 것이 필요할 것으로 사료된다. 이 중 정확한 실험으로 의미있는 결과를 얻은 몇가지 발표에 대하여 검토하고자 한다. 1988년 Sidles²⁰은 computer search technique를 이용한 사체실험에서 후방십자인대의 등장점으로 경골부착부는 큰 영향을 미치지 않는다고 하였으며, 대퇴부착부의 후방 섬유다발 부착부가 가장 등장성을 유지하는 부위라 하였으나 정확한 등장점을 기술하지는 않았다(Fig. 2). 1989년에 Grood¹⁰은 사체의 슬관절을 이용하고 instrumented spatial linkage를 사용한 연구에서 몇 가지 중요한 결과

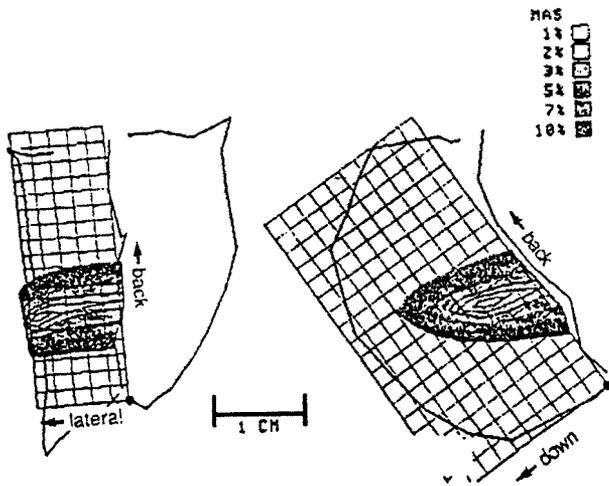


Fig. 2. Distal femoral anatomy and a posterior cruciate ligament isometry map for a representative knee.

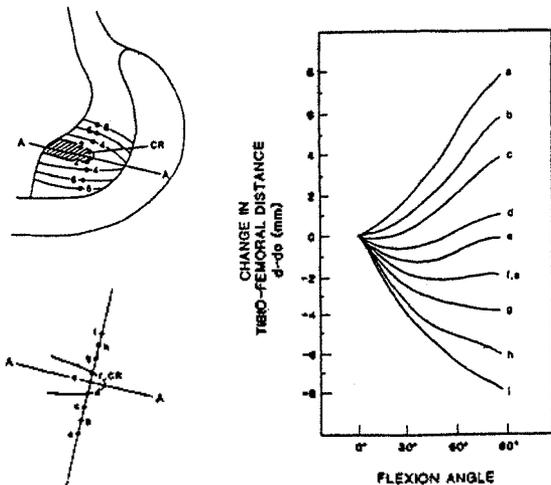


Fig. 3. Contour map for one typical knee.

를 얻었다. 후방십자인대의 경골부착부의 중심에 기준점을 정하여, 경골의 후방전위를 100N정도 가하고, 슬관절의 굴신운동을 하면 대퇴골의 부착위치에 따라 길이 변화가 있으며, 길이 변화가 전혀 없는 완전한 등장점은 없으나, 길이 변화를 2mm에서 8mm까지 구분하여 조사한 바 Fig. 3에서 보는 결과를 얻을 수 있다고 하였다. 즉 길이 변화가 2mm이하인 부착부위는 총알모양의 지역을 나타내며, 총알의 기저부는 과간절흔(intercondylar notch)의 천장에 위치하고, 총알의 앞부분은 후하방으로 위치하며, 등장선 A-A'는 해부학적 후방십자인대 대퇴부착부의 근위부 경계선에 위치한다고 하였다. 또한 부착점이 전후방으로 이동하는 것보다 근위, 원위부로 이동할수록 길이 변화가 심하므로, 전후방보다도 근위 및 원위부로의 이동이 등장점을 찾는 데 중요한 역할을 하며, 원위부로 갈수록 굴곡시 길이가 길어지고, 근위부로 갈수록 굴곡시 길이가 짧아진다고 하였다(Fig. 3). 또한 등장선에서 전방, 즉 과간천장으로 갈수록 길이차이가 적으며, 후방으로 갈수록 길이차이가 심해지므로 가능하면 과간천장쪽으로 등장점을 위치시킬 것을 권하였다(Fig. 4). 경골부착부의 위치에 따른 길이 변화에 대하여는 대퇴부착부 중심에 기준점을 정하고, 경골 부착부 위치를 전후 내외측으로 변동하여도 길이차이는 심하지 않고 내측과 외측의 끝에서도 약 1.2mm 정도의 차이밖에 없다고 하여, 후방십자인대의 길이 변화는 대퇴부착부의 위치에 따라 크게 변하나, 경골부착부의 위치에 따라서는 큰 변화가 없으므로, 대퇴부착부의 정확한 위치 선정이 중요하다는 결론을 얻었다(Fig. 5). 결론적으로 경골부착부는 길이 변화에 큰 영향이 없으며, 대퇴부착부가 길이차이에 중요하

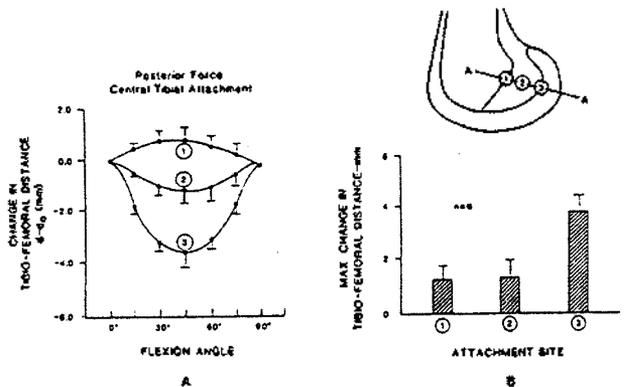


Fig. 4-A. The curves show the average tibiofemoral separation distances versus knee flexion for three femoral attachment sites located along the most isometric line.

B. The bar chart shows the average and the standard deviation of the difference between the maximum and minimum tibiofemoral separation distance for each of the three femoral attachment sites.

고, 대퇴부착부중, 전후방보다 근위, 원위부의 위치 변화가 길이 변화에 중요하다고 하였으며, 과간절흔과 관절연골의 경계로부터 과간천장을 따라 약 11mm 위치에 등장점이 있다고 주장하였다. 이를 근거로 임상적으로는 후방십자인대의 해부학적 부착부의 근위부를 따라 과간천장에 가까이 위치하는 것이 이상적이라고 하였으며, 이식선이 통과하는 터널은 점이 아니므로 유도강선(guide wire)은 등장점에 편심성(eccentric)으로 위치하는 것이 좋다고 하였다. 그러나 그 후 Galloway와 Grood⁶⁾는 실제 Achilles건을 이용한 후방십자인대 재건술을 사체에서 시행 후 관찰한 결과 등장점에 유도강선을 놓고 시행한 경우 신전시는 과긴장이 되고, 굴곡시 후방이완이 심해졌으며, 등장점에서 약 4mm 정도 원위부로 한 경우가 좀 더 정상인대의 이완과 유사하게 되어 등장점보다 약 4mm 정도 원위부에 유도강선을 위치시킬 것을 권장했다(Fig. 6). 1990년에 Friedrich와

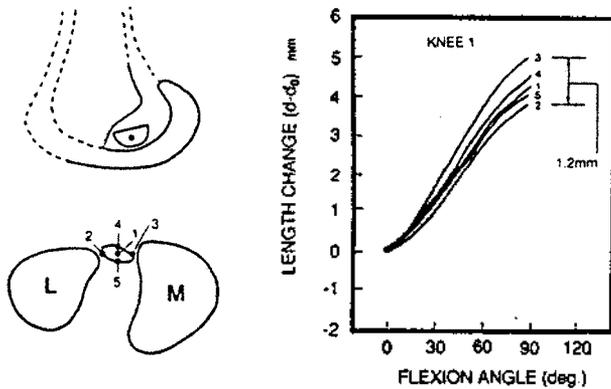


Fig. 5. The relation between the change in the tibiofemoral separation distance from that at full extension and flexion angle for five tibial attachment sites in one typical knee.

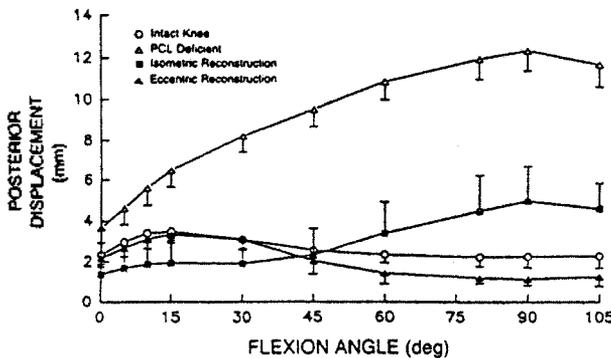


Fig. 6. The effect of femoral attachment site on resulting tibial displacement following PCL reconstruction using an 11-mm Achilles tendon graft (mean \pm SEM, n=12 intact, n=12 PCL cut, n=6 isometric reconstruction, n=6 eccentric reconstruction).

O'Brien⁷⁾은 봉합사(Novolen No. 3)와 pneumatic isometer를 이용한 사체실험에서 후방십자인대는 완전신전에서 10도 굴곡시 약 1mm의 길이감소가 있으나 그후 10도에서 135도까지 길이가 증가되어 약 6mm의 길이증가가 있으며, 후사섬유다발(posterior oblique bundle)이 가장 등장성을 유지하며 약 0.4mm의 길이 변화만 있다고 하였으며, 후방십자인대의 후방에서 전방으로 갈수록 길이 변화가 심해 후사섬유다발의 등장성을 강조했다. 그들의 연구에 의하면 후방십자인대의 등장선(femoral transitional line)은 후방십자인대의 해부학적 대퇴부착부의 후방 경계선을 따라 있다고 하며, 등장선의 전방부는 슬관절의 굴곡시 긴장이 증가하고, 등장선의 후방부는 신전시 긴장이 증가한다고 하였다. 등장점은 후방십자인대의 후사섬유다발이 부착하는 후방십자인대의 대퇴부착부 근위 경계선과 후방 경계선이 만나는 교차점이라고 하였다(Fig. 7-A). Grood등¹⁰⁾은 해부학적 대퇴부착부의 근위 경계선을 따라 등장선을 주장한 것에 비하여, Friedrich와 O'Brien⁷⁾은 후방경계선을 따라 등장선이 있다고 하여 Grood등과는 차이가 있다. 후방십자인대의 경골부착부는 후방 경계선을 따

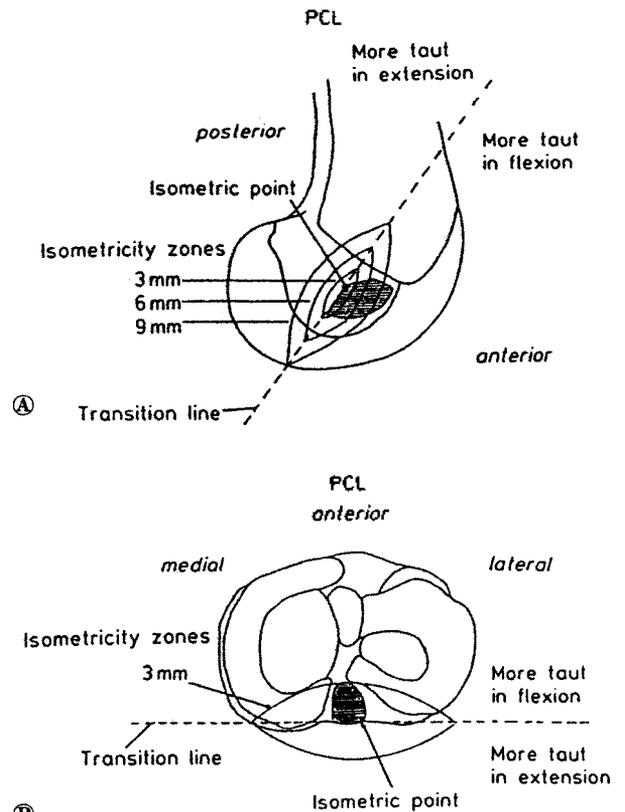


Fig. 7-a. Femoral zones of isometry for the PCL, with the tibial isometric point as a reference.

b. Tibial zones of isometry for the PCL, with the femoral isometric point as a reference.

라 등장선이 있으며 등장선의 전방부로 갈수록 굴곡시 긴장이 증가하고, 후방부로 갈수록 신전시 긴장이 증가하여 등장점은 후방십자인대 경골 부착부 후방 경계선의 외측이라고 하였다(Fig. 7-B). 임상적으로는 후방십자인대 재건술 시 해부학적인 위치의 중심에 부착할 경우 굴신 운동에 따라 길이 차이가 약 6.1mm 정도 있으므로 가능하면 등장점에 위치 시키는 것이 좋다고 하였다. 1992년 Ogata와 McCarthy¹⁵⁾는 봉합사(Ethibond No.5)와 tension isometer를 이용한 사체실험에서 후방십자인대의 대퇴부착부의 전방경계선을 따라 A(좌측 슬관절에서 11시), B(9시), C(7시)점을 정하고 이상의 점과 과간 절흔의 근위 모서리를 향한 선의 1/3 되는 점을 D, E, F로 정하면(Fig. 8), D점과 E점 사이가 가장 등장성을 나타내는 점으로 완전한 등장점은 없다고 하였다(Fig. 9). 그러므로 좌측 슬관절의 경우, 관절연골의 경계면의 10시 방향에서 과간 절흔의 근위모서리까지의 선에서 1/3이 되는 위치(약 10mm)가 가장 등장점이라고 하였으며, 이는 해부학적으로

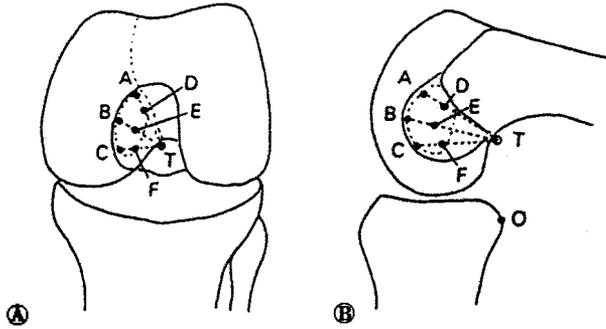


Fig. 8. Anterior(A) and lateral(B) views of the attachment sites for the PCL substitute at the medial intercondylar notch surface(A-F) and tibia(O). T, the proximal (posterior) edge of the medial intercondylar notch surface.

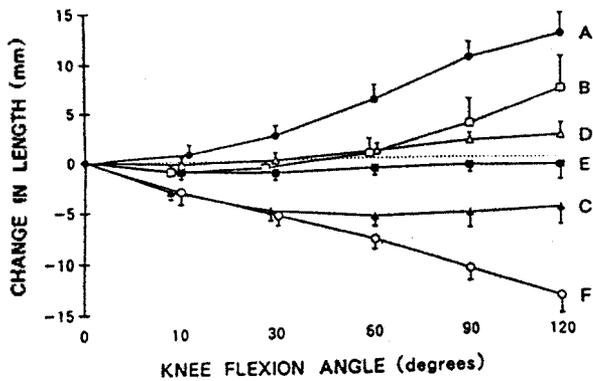


Fig. 9. The average changes in length at different positions with knee flexion. Vertical bars indicate standard error.

후방십자인대의 후방섬유다발 부착부의 전방부에 위치한다고 하였다

I. 해부학적 위치(anatomic placement)

Harner등¹¹⁾은 후방십자인대의 전외측 섬유다발의 최대 응력점이 1600N으로 후내측 섬유다발, 450N, Humphry와 Wrisberg인대는 350N으로 전외측 섬유다발이 가장 중요하다고 하였으며, 전외측 섬유다발과 같은 위치에 이식전을 만들어 주는 것이 가장 좋은 결과를 얻을 수 있다고 하였다. 그러므로 대퇴부착부는 해부학적 후방십자인대 대퇴부착부의 전방 1/2에, 경골부착부는 해부학적 후방십자인대 경골부착부의 후외측에 이식전을 위치 시킬 것을 권하였다(Fig. 10). 이는 과간절흔과 관절연골의 경계로부터 약 5-10mm 후방부에 위치하게 된다. Clancy등²⁰⁾은 해부학적 위치가 좋다고 하였으나, 터널의 모서리에서 이식전의 힘이 작용하므로 Off-center의 위치를 강조했으며, 이는 유도강선을 이용할 때 관절연골과 과간 절흔의 경계에서 약 5mm 후방부에 위치하게 된다.

요 약

후방십자인대 재건술에서 이식전의 위치에 대하여는 많은 연구가 진행되고 논란이 있으나, 아직까지 이상적인 위치에 관한 결론은 없는 실정이다. 대퇴부착부가 등장성에 중요한 역할을 한다는데는 의견의 일치가 있으며, 대퇴부착부의 위치는 등장위치를 주장한 관점에서 보면 Grood등¹⁰⁾이 주장한 등장점에서 약 4mm 원위부가, 해부학적 위치를 주장한 관점에서 보면 Harner등¹¹⁾이 주장한 해부학적 대퇴부착부의 전방 1/2이 가장 이상적인 위치라고 사료된다.

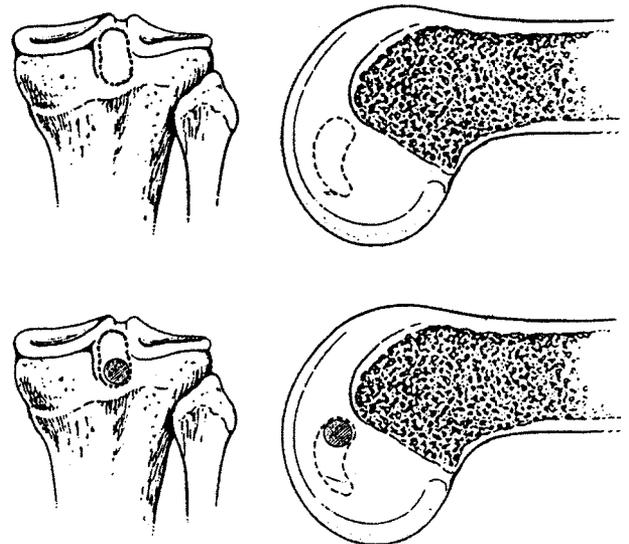


Fig. 10. Origin and insertion site anatomy for the PCL.

REFERENCES

1. Bomberg BC, Acker JH, Boyle J and Zarins B : The effect of posterior cruciate ligament loss and reconstruction on the knee, *Am J Knee Surg*, 3:85-96, 1990.
2. Bradley J, FitzPatrick D, Danniell D, Schercliff T and O'Conner J : Orientation of the cruciate ligament in the saggital plane. A method of predicting its length-change with flexion, *J Bone Joint Surg*, 70-B:94-99, 1988.
3. Brantigan OC and Voshell Af : The mechanics of the ligaments and menisci of the knee joint, *J Bone Joint Surg*, 23:44-66, 1941.
4. Clancy WG Jr : Repair and reconstruction of the posterior cruciate ligament, in Chapman MW, Madison M (eds) : *Operative Orthopaedics*, Philadelphia, PA, 3:1651-1665, 1988.
5. Covey DC and Sapega AA : Current concepts review, Injuries of the posterior cruciate ligament, *J Bone Joint Surg*, 75-A:1376-1386, 1993.
6. Dejour H, Walch G, Peyrot J and Eberhard P : The natural history of rupture of the posterior cruciate ligament, *Orthop Trans*, 11:146, 1987.
7. Friderich NF, O'Brien WR, Muller W and Henning CE : How important is isometric placement of cruciate substitutes? Presented as a Scientific Exhibit at the Annual Meeting of the American Academy of Orthopaedic Surgeons, New Orleans, Louisiana, Feb. 8 through 13, 1990.
8. Galloway MT and Grood ES : Posterior cruciate ligament insufficiency and reconstruction, *AAOS symposium*, 531-550, 1991.
9. Girgis FG, Marshall JL and Monajem A : The cruciate ligaments of the knee joint : Anatomical, functional and experimental analysis, *Clin Orthop*, 106:216-231, 1975.
10. Grood ES, Hefzy MS and Lindenfield TN : Factors affecting the region of most isometric femoral attachments, Part I: the posterior cruciate ligament, *Am J Sports Med*, 17:197-207, 1989.
11. Harner CD, Kusayama T, Carlin GJ, et al : Structural and mechanical properties of the human posterior cruciate and meniscofemoral ligament, *Trans Orthop Res Soc*, 19:629, 1994.
12. Harner CD, Livesay GA, Choi NY, et al : Evaluation of the sizes and shapes of the human anterior and posterior cruciate ligaments : A comparative study, *Trans Orthop Res Soc*, 17:123, 1992.
13. Hughston JC, Bowden JA, Andrews JR, et al : Acute tears of the posterior cruciate ligament: Results of operative treatment, *J Bone Joint Surg*, 62-A:438-450, 1980.
14. Keller PM, Shelbourne KD, McCarroll JR and Rettig AC : Nonoperatively treated isolated posterior cruciate ligament injuries, *Am J Sports Med*, 21:132-136, 1993.
15. Ogata K and McCarthy JA : Measurements of length and tension patterns during reconstruction of the posterior cruciate ligament, *Am J Sports Med*, 20:351-355, 1992.
16. Pearsall AW, Draganich LF, Larkin JJ, Pyevich M and Reider B : An in vitro analysis of knee stability after reconstruction of the cruciate ligament, *Orthop Trans*, 16:322, 1992.
17. Petermann J, Gotzen L and Trus P : Wiederherstellende Eingriffe am hinteren Kreuzband- Experimentalle Untersuchungen zur Isometrie, Teil I : Untersuchungen am HKB-Ersatzmodell, *Unfallchirurgie*, 95:354-357, 1992.
18. Race A and Amis AA : Mechanical properties of the two bundles of human posterior cruciate ligament, *Trans Orthop Res Soc*, 16:124, 1992.
19. Schaefer RK and Jackson DW : Arthroscopic management of the cruciate ligaments, In McGinty ed, *Operative Arthroscopy*, 1st, ed, New York, Raven Press :389-416, 1991.
20. Sidles JA, Larson RV, Garbini JL, Downey DJ and Matson FA : Ligament length relationships in the moving knee, *J Orthop Res*, 6(4):593-610, 1988.

Isometry of the Posterior Cruciate Ligament

Byung Ill Lee, M. D.

*Department of Orthopaedic Surgery, College of Medicine,
Soonchunghyang university, Seoul, Korea*

ABSTRACT : Less has been written about the PCL than the ACL. There has, however, been an increasing amount of the interest in the PCL recently. Surgical reconstructions using grafts are often performed. However, these procedures often fail to provide long-term stability and function. Graft attachment sites are critical determinants of success in the PCL reconstruction. The clinical literature contains conflicting recommendations for graft attachment sites. We present a review of the isometry of the PCL.

Key Words : Posterior cruciate ligament, Reconstruction, Isometry
