

후방 십자 인대 손상의 수술적 적응 및 원칙

인제대학교 서울백병원 정형외과

김진구

서론

후방 십자 인대(이하 PCL) 손상의 치료에 대한 지침은 아직 논란이 많고 불확실한 면이 많이 있다. 그 이유는 이 손상의 자연적 경과에 대한 합치된 결론이 없으며 동반 손상에 대한 정확한 빈도, 진단 등이 불확실하고 수술적 방법 역시 논란이 많기 때문이다. 본고에서는 어느 정도 합치되는 수술적 적응, 치료 시 고려해야 할 원칙들 및 최근 제기되고 있는 새로운 연구를 통해 고려해야 할 원칙들을 소개하고자 한다.

후방 십자 인대 손상의 수술적 적응

PCL 손상의 치료 방법을 결정할 때 고려해야 할 사항으로는 급성과 만성 손상, 단독 손상과 복합 손상, 손상의 위치(전열 골절, 골 부착부, 중간 실질부) 등이다.

비수술적 치료의 대상에는 I기 또는 II기의 급성기 PCL 단독 손상으로 10 mm 이내의 후방 전위를 보이는 경우(Noyes등²⁵)은 stress 방사선 검사에서 8 mm 이내의 전위를 보이는 경우, 만성 손상 중 증상이 없는 경우 등이 포함되나 이 경우 후외방 불안정성의 동반 여부 및 진행되는 기능적 불안정에 대한 정기적인 추적 관찰이 권장된다^{10,26}. 수술적 치료로는 급성 파열의 경우 경골 부착부의 전열 골절, 10 mm 이상의 후방 전위를 보이는 경우, 복합 인대 손상을 보이는 경우, 다른 슬관절의 손상을 동반한 경우 등이 해당된다. 복합 인대 손상에는 전방 십자 인대, 후외방 인대 구조 또는 내측 측부 인대 손상과 동반된 경우에^{21,27,30} 해당되며 봉합이 가능한 반월상 연골 파열이나 연골 손상이 있는 경우^{5,6}도 수술적 치료를 요한다. 만성 손상의 경우 단독 손상이나 증상이 있는 경우, 진행되는 기능적 불

안정성과 동통을 호소하는 경우, 후외방 인대 구조, 후내방 인대 구조 등과 동반된 불안정성의 경우 등이 해당된다. 만성 단독 손상의 경우 아직 논란이 있다. 대부분의 경우 III기의 불안정성과 증상이 있는 II기 손상을 수술적 적응증으로 간주하고 있지만^{6,15,17} 중장기 추적에서 좋은 결과를 보고하며 비수술적 치료를 권하는 경우^{8,19,32}도 있어 아직 논란이 있다. 이의 치료적 선택은 술자의 경험과 수술 결과, 최근 발전하는 연구 결과 등을 종합하여 신중하게 결정해야 하리라 생각한다.

치료의 원칙

2002년 ICL에서 Miller 등¹⁸, Fanelli 등¹⁰이 제기한 후방 십자 인대 재건술의 원칙을 살펴보면

- 1) 손상된 모든 병변을 확인하고 치료할 것
- 2) 신경 혈관 구조의 손상을 방지하기 위한 보호
- 3) 정확한 골터널을 만들 것
- 4) 해부학적인 정확한 고정 점을 잡을 것
- 5) 충분히 강한 이식 전을 사용할 것
- 6) 이식건의 꺾임 현상(bending)을 최소화할 것
- 7) 정상적인 경골의 전방 step off를 재건하기 위해 graft tensioning을 이용할 것
- 8) 강한 이식건의 고정을 시행하고 필요하면 back up fixation을 시행할 것
- 9) 술후 재활 과정은 잘 고안된 자연 재활 프로그램을 사용할 것

등으로 수술적 방법을 결정할 때 항상 염두에 두어야 할 사항이다.

다음은 최근 활발하게 진행되고 있는 후방 십자 인대 분야의 연구 중 수술적 선택과 방법적인 고려에서 원칙적으로 고려해야 할 몇 가지 점을 소개할까 한다.

1. 반월상 연골-대퇴 인대(Menisco-femoral ligament)의 기능적 고려

반월상 연골-대퇴 인대(이하 MFL)은 1858년 Humphry에 의해 소개된 이래¹³ 150년 간 언급되어 왔

* Address correspondence and reprint requests to
Jin Goo Kim, M.D.
Department of Orthopaedic Surgery,
Seoul Paik Hospital, Inje University, Korea
85 Chu-dong-2-ga, Chung-gu, Seoul, 100-032, Korea
Tel: 82-2-2270-0028, Fax: 82-2-2270-0248
E-mail: ortho312@thrunet.com

지만 그의 기능과 중요성에 대한 이해는 많이 없었다.

이의 해부학적인 기술은 여러 연구에서 제기되어 왔고 12개의 연구 결과를 평균하여 볼 때 92%에서 최소한 하나 이상의 MFL이 존재하며 pMFL은 71%, aMFL은 47%에서 존재한다고 하였다. 최근 Amis 등은 MFL에 대한 일련의 연구를 발표하였고 이들의 해부학적 연구에 의하면 총 84구의 사체에 대한 분석에서 93%가 최소한 하나 이상의 MFL이 존재하며 aMFL은 74%, pMFL은 69%, 양측 모두 있는 경우 50%로 발표하였다.

1932년 Raoievich는 이를 '제3의 십자인대'라고 기술하여 전후방 안정성에 기여한다고 제안하였고²⁴⁾ Clancy 등²⁵⁾은 최초로 임상적 기능에 대해 기술하였다. 그는 급성 PCL 손상 환자 중 MFL이 전전한 환자의 경우 경골의 내회전 위치에서 후방 전위가 감소함을 기술하였으나 어느 정도 감소하는지에 대한 정량적인 통제는 제시하지 못하였다. Ritchie 등²⁶⁾은 sequential cutting study를 통해 MFL을 절제한 후 88N의 후방 외력을 가했을 때 후방 전위가 3.11~3.46 mm 정도 증가함을 최초로 기술하였으나 이 연구는 슬관절의 90도 굴곡 위에서만 측정된 것으로 한계가 있다. Goupte 등¹¹⁾은 8구의 사체 슬관절에서 후방 십자 인대 결손과 후방 및 MFL 결손 상태 사이의 차이를 측정한 결과 MFL의 추가 손상은 슬관절의 15도에서 90도 굴곡 상태에서 후방 전위를 증가시키며 90도 굴곡 위에서 정상 슬관절의 경우 28%, 후방 십자 인대 결손의 경우 70.1%의 후방 안정성에 대해 기여하고 회전 불안정성에 대한 역할은 없다고 발표하였다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 MFL은 대부분의 정상 슬관절에 존재하는 구조이며 상당한 후방 안정성에 대한 기여를 하는 구조로 급성 손상 시 이를 보존하는 것이 중요하다 할 수 있다. MFL은 수술 과정에서 손상된 후방 십자 인대와 구분이 어렵기 때문에 최근 손상된 후방 십자 인대 구조를 보존하는 재건술의 개발은 이러한 관점에서 매우 중요한 시도라고 할 수 있을 것이다.

2. 후방 십자 인대 결손에 따른 슬관절 기능 손상

PCL 손상의 자연 경과가 ACL 손상의 경과 보다 좋다는 보고가 많이 있으나 PCL 손상에 따른 임상적 후유증에 대한 보고도 많이 있어^{4,5,32)} 그 자연적 경과에 대한 논란이 최근까지도 많이 되고 있다. Clancy 등³³⁾은 PCL 손상 환자의 장기 관찰 결과 관절염의 빈도가 증가함을 보고하였으며 Skyhar 등은 PCL 절제 실험을 통해 이의 결손이 내측 대퇴-경골간 및 슬개-대퇴간 관절의 압력을 증가시킨다고 하였다³¹⁾. Pearsall 등²⁰⁾은 8구의 사체 슬관절에서 PCL 절제 후 반월상 연골의 압력 변화를 측정한 결과 60~90도 굴곡 구간에서 내측 및 외측 반월상 연골의 압력이 의미 있게 증가하며 전외방 single bundle PCL reconstruction 이

후 이 압력은 정상 범위로 감소함을 보고하였다. 그들은 또한 이러한 압력의 변화는 0~30도 구간에서는 관찰이 되지 않았다고 하였다. 이러한 관찰은 60~90도 정도의 고도 굴곡 구간에서 후방 전위를 방지하는 전외방 속에 대한 해부학적 재건이 관절염의 예방을 위해 중요함을 시사하는 소견이라 할 수 있을 것이다.

이상의 결과를 종합해볼 때 PCL 손상은 후방 전위를 유발하여 슬개-대퇴 관절의 관절염을 유발하지만 반월상 연골의 압력을 증가시켜 특히 내측 대퇴-경골 간 관절염 또한 초래하므로 10 mm 이상의 후방 전위가 있는 손상 환자에게는 수술적 재건을 통해 반월상 연골로의 압력을 감소시키는 것이 관절염의 예방에서 중요하다 할 수 있을 것이다.

3. Single vs Double bundle reconstruction

단일 다발 재건술은 최근 대퇴골의 등장점보다 전외방 속에 대한 해부학적 재건이 중요하며 "Killer turn"을 줄이기 위한 노력으로 경골 터널의 위치를 하외측으로 위치시키고³⁸⁾, 후방 격막 통과 도달법³⁹⁾ 또는 후방 내재 도달법⁴⁰⁾ 등이 도입되면서 많이 발전되고 향상된 결과를 얻게 되었다. 하지만 이러한 노력에도 불구하고 이러한 방법은 최근의 mechanical study에서는 슬관절의 정상적 6 degree motion을 복원시키지 못하였고, 이중 다발 재건술은 단일 다발에 비해 정상 슬관절과 유사한 결과를 보여주고 있다^{12,22,23,28)}. Harner 등¹²⁾은 이중 다발 방법을 사용한 결과 단일 다발의 경우 보다 3.5 mm의 후방 전위 감소를 얻을 수 있었으며 슬관절 전 운동 범위에서 보다 정상의 슬관절 생역학과 같은 결과를 보였다고 보고하였다. 이중 다발 재건술은 생역학적인 우수한 결과에도 불구하고 아직 어려운 술기에 대한 숙련이 필요하고, 대퇴부 터널의 정확한 위치에 대한 합치된 의견이 필요한 과제를 가지고 있다.

북미의 활동적 스포츠 의학 관여 의사들의 모임인 Herodicus Society의 설문에 의하면⁷⁾ 2004년 2월 현재 32%가 이중 다발 재건술, 68%가 단일 재건술을 시행하고 있으며 이중 연간 10례 이상의 PCL 재건술을 하는 의사의 경우 59%에서 이중 다발 재건술을 시행한다는 점에서 향후 이중 다발 재건술의 도입은 증가할 것이라 예상할 수 있다.

4. 만성 손상에서 근위 경골술의 역할

만성 PCL 손상의 경우 치료 방침을 결정하기 위해 전후방 불안정성의 정도, 관절염의 병발 여부 등과 함께 하지 정렬을 고려해야 한다. 특히 후외방 인대 손상과 동반된 경우 슬관절의 내반 변형이 동반될 가능성이 높으며 이러한 경우 인대 재건술 이전에 하지 정렬을 교정하기 위한 교정 절골술을 우선 고려해야 할 것이다.

근위 경골 교정 절골술에는 외측 폐쇄형과 내측 개방형으로 나눌 수 있으며 폐쇄형의 경우는 경골 후경사각을 감소시키는 경향이 있고 내측 개방형의 경우는 증가시키는 경향이 있다.

Giffin 등은 10구의 사체 슬관절에서 5 mm의 개방성 근위 경골 외반술을 적용한 결과 평균 4.4도의 경골 후경사각이 증가하였고 휴식 시에는 3.6 mm의 전방 전위가 발생하였으나 200N의 axial loading을 가하였을 때는 1.9 mm, 134N A-P tibial load를 부가하였을 때는 정상 슬관절과 차이가 없는 결과를 얻었다. 이는 외반 절골술과 이로 인한 경골 후경사각의 증가는 일상 체중 부하 활동 시 별도의 십자 인대에 대한 영향 없이 휴식기에 주로 발생하는 posterior sagging을 방지하는데 유용한 방법임을 시사한다⁹⁾.

이상의 결과를 종합해 볼 때 전술한 후방 십자 인대 재건술의 원칙에 부가하여 다음과 같은 원칙을 염두에 두어야 할 것이다.

- MFL은 후방 안정성에 기여하는 중요한 구조이므로 이를 보존하는 노력을 해야한다.
- 이중 다발 재건술은 좀 더 슬관절의 기능적 재건에 적합한 형태로 만성 손상의 재건시 고려해야 할 것이다.
- PCL의 단독 손상의 경우에도 10 mm 이상의 불안정성이나 증상이 있는 경우는 진행되는 관절염의 병발을 예방하기 위한 수술적 치료를 요한다.
- 만성 손상 시 하지의 내반 변형과 동반된 경우 인대 재건술 보다 우선적으로 하지 정렬을 교정해야 하며 개방성 근위 경골 외반 절골술은 유용한 방법이다.

REFERENCES

- 1) Ahn JH, Chung YS, Oh I: Arthroscopic posterior cruciate ligament reconstruction using the posterior trans-septal portal. *Arthroscopy*. 19(1):101-107, 2003.
- 2) Clancy WG, Shelbourne KD, Zoellner GB, et al: Treatment of knee joint instability secondary to rupture of the posterior cruciate ligament: report of a new procedure. *J Bone Joint Surg [AM]* 65A:310-322, 1983.
- 3) Clancy W, Shelbourne D, Zoellinger G: Treatment of knee joint instability secondary to rupture of the posterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Am*, 65:259-270, 1983.
- 4) Dandy D, Pusey R: The long-term result of unrepaired tears of the posterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Br*. 64; 92-94, 1982.
- 5) Dejour H, Walch G, Peyrot JEA: Histoires naturelle de la rupture du ligament croise posterior. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*. 74:35-43, 1988.
- 6) Dejour H, Walch G, Peyrot J, et al: The natural history of rupture of the posterior cruciate ligament. *Orthop Trans*, 11:146, 1987.
- 7) Dennis MG, Fox JA, Hayden JK and Bach BR: Posterior Cruciate Ligament Reconstruction. *The Journal of Knee Surgery*, 17:3; 133-139,2004.
- 8) Fowler PJ, Messieh SS: Isolated posterior cruciate ligament injuries in athletes. *Am J Sports Med* 15:553,1987.
- 9) Giffin JR, Vogrin TM, Zantop T, Woo SL, Harner CD: Effects of increasing tibial slope on the biomechanics of the knee. *Am J Sports Med*. 32(2):376-82, 2004 Mar.
- 10) Gregory C, Fanelli: Posterior Cruciate Ligament Injuries. *A Practical Guide to Management*. 11;142, 2001.
- 11) Gupte CM, Bull MJ, Thomas RD, et al: The menis-cofemoral ligaments: secondary restraints to the posterior drawer. *J Bone Joint Sur Vol* 85-B:5:765-773,2003.
- 12) Harner CD, Jansushek ma, Kanamori A, Yagi M, Vogrin TM and Woo SL: Biomechanical analysis of a double-bundle posterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*, 28(2):144-151,2000.
- 13) Humphry GM: A treatise on the human skeleton(including the joints). Cambridge: *MacMillan and Co*, 1858.
- 14) Jung YB, Tae SK, Jung HJ, Lee KH: Replacement of the torn posterior cruciate ligament with a mid-third patellar tendon graft with use of a modified tibial inlay method. *J Bone Joint Surg Am*. 86-A(9):1878-83, 2004 Sep.
- 15) Keller PM, Shelbourne KD, McCarroll JR, et al: Nonoperatively treated isolated posterior cruciate ligament injuries. *Am J Sports Med* 21:132,1993.
- 16) Kim SJ, Shin JW, Lee CH, Shin HJ, Kim SH, Jeong JH, Lee JW: Biomechanical comparisons of three different tibial tunnel directions in posterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*. 21(3):286-93, 2005 Mar.
- 17) Miller MD, Bergfeld JA, Fowler PJ, et al: The posterior Cruciate Ligament Injured knee: Principles of Evaluation and Treatment. AAOS Instructional Course Lectures, Volume 48;199-207,1999.
- 18) Miller MD, Cooper DE, Fanelli GC, et al: Posterior Cruciate Ligament: Current Concepts. *AAOS Instructional Course Lectures*, Volume 51;347-351,2002.
- 19) Parolie JM, Bergfeld JA: Long-term results of nonoperative treatment of isolated posterior cruciate ligament injuries in the athlete. *Am J Sports Med* 14:35,1986.
- 20) Pearseall IV AW, Hollis JM: The Effect of Posterior Cruciate Ligament Injury and Reconstruction on Meniscal Strain. *The American Journal of Sports Medicine*, Vol.32, No.7, 1675-1680,2004.
- 21) Plancher KD, Siliski JM, Ribbons W: Traumatic dislocation of the knee: Complications and results of operative and nonoperative treatment, Proceeding of the American Academy of Orthopaedic Surgeons 56th Annual Meeting, Las Vegas, NV. Park Ridge, IL, American Academy of Orthopaedic Surgeons, p85, 1989.

- 22) **Race A and Amis AA:** PCL reconstruction. In vitro biomechanical comparison of 'isometric' versus single and double-bundle 'anatomic' grafts. *J Bone Joint Surg Br*, 80(1):173-179, 1998.
- 23) **Race A and Amis AA:** The mechanical properties of the two bundles of the human cruciate ligament. *J Biomech*, 27(1):13-24, 1994.
- 24) **Radoïévitch S:** Les ligaments des ménisques interarticulaires du genou. *Annales d'Anatomie et Pathologie*, 8:4-13, 1932.
- 25) **Redrawn from Noyes FR, Barber-Westin SD:** Treatment of complex injuries involving the posterolateral ligaments of the knee. *Am J Knee Surg* 9:200, 1986.
- 26) **Ritchie JR, Bergfeld JA, Kambic H, Manning T:** Isolated sectioning of the medial and posteromedial capsular ligaments in the posterior cruciate ligament-deficient knee: influence on posterior tibial translation. *Am J Sports Med* 26:389-394, 1998.
- 27) **Roman PD, Hopson CN, Zenni EJ Jr:** Traumatic dislocation of the knee: A report of 30 cases and literature review. *Orthop Rev* 1987;16:971-924.
- 28) **Shearn JT, Grood ES, Noyes FR and Levy MS:** Two-bundle posterior cruciate ligament reconstruction: how bundle tension depends on femoral placement. *J Bone Joint Surg Am*, 86A(6):1262-1270, 2004.
- 29) **Shino K, Horibe S, Nkata K, Maeda A, Hamada M, Nakamura N:** Conservative treatment of isolate injuries to the posterior cruciate ligament in athletes. *J Bone Joint Surg* 1995;77B:895-900.
- 30) **Sisto DJ, Warren RF:** Complete knee dislocation: A follow-up study of operative treatment. *Clin Orthop* 1985;198:94-101.
- 31) **Skyhar MJ, Warren RF, Ortiz GJ, Schwartz E, Otis JC:** The effects of sectioning of the posterior cruciate ligament and the posterolateral complex on the articular contact pressures within the knee. *Am J Bone Joint Surg Am*, 75:694-699, 1993.
- 32) **Torg JS, Barton TM, Pavlov H Stine R:** Natural history of the posterior cruciate ligament-deficient knee. *Clin Orthop*, 246:205-216, 1989.