

Double-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Using Allograft

서울 백병원 정형외과

김진구

서론

관절경적 전방십자인대 재건술의 장기 추시 결과는 69~90% 정도로 우수하게 보고되고 있으나 역으로 말하면 10~31%의 환자는 불만족스러운 결과를 나타낸다는 것이다. 특히 수상 전의 활동으로의 복귀 및 운동 능력의 회복, 주관적인 만족도, 잔존하는 회전 불안정성, 장기 추시 결과 등 여러 가지 문제점은 아직도 해결해야 할 과제로 남아 있다. 이렇게 만족스럽지 못한 결과의 일부는 대퇴 또는 경골 터널의 부적절한 위치, 터널 안에서 이식건의 불충분한 고정 등의 수술적인 술기 부족에 기인하는 것은 잘 알려진 사실이다. 여기서 또 하나 고려해야 할 것은 전방십자인대는 적어도 2개의 별개의 다발로 이루어진 복합적인 해부학적 구조물임에도 불구하고 현재 시행되고 있는 대부분의 전방십자인대 재건술은 전내측 다발만 재건하는 단일 다발 재건술이라는 것이다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해 기존의 수술 방법과는 달리 전내측 및 후외측 다발 모두를 재건하는 이중 다발 재건술이 다양하게 모색되고 있다. 최근에는 대퇴부와 경골부 모두에서 분리된 2개의 터널을 통한 해부학적인 이중 다발 재건술의 중요성이 강조되고 있다.

저자는 현재 운동 선수나 재수술인 경우 anatomic double bundle reconstruction을 시행하고 있는데 strong graft, rigid fixation, donor site morbidity의 최소화 등을 통해 accelerated rehabilitation 함으로써 이중 다발 재건술의 장점을 최대화하고 있다.

수술 시기

1. ACL evaluation - marking of foot print

표준 전외측 및 전내측 도달법을 통하여 기본적인 관절경적 관찰을 시행하고 슬관절 내 이상 소견을 모두 확인하여야 한다. 전방십자인대가 완전히 소실되거나 일부분이 남아 있는지, 혹은 남은 부분 일부가 후방십자인대에 부착되어 있는지를 탐침(probe)를 이용하여 확인한다. 남아있는 전방십자인대를 통해 전내측 다발(AM bundle)과 후외측 다발(PL bundle)의 footprint를 Arthrocare를 이용하여 표시한다. Cyclops lesion이 남지 않도록 유의하되 고유수용감각을 위해 가능한 한 경골측 전방십자인대는 보존하는 것이 좋다.

2. 대퇴 과간 절흔 성형술(Notchplasty)

전외측 도달법을 통한 관절경적 시야 하에 전내측 도달법으로 curette이나 burr를 사용하여 대퇴골 외과

내측면의 골 및 연부조직을 최소한으로 제거하되 대퇴 외과 후방 피질골이 잘 볼 수 있도록 하여야 한다. 특히 대퇴 외과 후방 피질골에 부착되어 있는 연부조직을 잘 제거하여야 대퇴과 절흔의 후방 경계(over-the-top)을 잘 관찰할 수 있다.

3. 후외측 다발(PL-B)의 대퇴 터널 만들기

Accessory AM portal(부가적인 전내측 도달법)을 통한 관절경적 시야 하에 후외측 다발의 대퇴 기시점으로(약 9시 혹은 3시 방향) 3.2 mm guide wire를 통과시켜 대퇴골 외과의 피부 밖으로 핀의 끝이 나오게 한다. 예정된 이식물의 실제 크기보다 1 mm 작은 크기로 약 25~30 mm 깊이까지 drilling하되 대퇴골의 터널 입구에 흔적만 먼저 만들어서 터널의 위치가 이상적인지, 즉 터널의 후방 피질골이 약 1mm 두께로 남아 있는 것을 확인하여야 한다. 대퇴 터널의 위치가 정확하다고 판단되면 25~30 mm 깊이로 drilling한 후 0.5 mm 간격으로 큰 확장기(dilator)를 이용하여 원하는 크기까지 넓힌다. 그런 다음 4.5 mm Endobutton drill로 far cortex를 뚫어 둔다.

4. 전내측 다발(AM-B)의 경골 터널 만들기

경골 터널 만들기과 이식물의 통과를 위해서 경골 결절(tibial tuberosity)과 경골 후내측 경계 중간 부위의 경골 전내측면에 약 3cm 정도의 skin incision을 가한다.

전외측 도달법을 통한 관절경적 시야 하에 45도 각도로 고정된 ACL tibial guide를 전내측 도달법을 통해 삽입하여 경골 footprint에서 약간 전내측 지점에 drill guide를 위치시킨다. 이 때 전내측 다발의 경골 피질골 출발점은 후외측 다발보다 더 앞쪽 및 가운데 부위가 된다. 경골 출발점에서 전내측과 후외측 다발 터널 간의 osseous bridge는 약 1~2 cm 정도 남아있어야 한다.

5. 후외측 다발(PL-B)의 경골 터널 만들기

전외측 도달법을 통한 관절경적 시야 하에 55도 각도로 고정된 ACL tibial guide를 전내측 도달법으로 통해 삽입하여 미리 표시해 둔 경골 footprint의 후외측에 drill guide를 위치시킨다. 이 때 경골 피질골에서의 출발점은 표준 ACL tunnel보다 더 내측에 위치하게 되는데, 통상적으로 표재 내측부 인대의 바로 앞쪽이 된다. 예정된 이식물 크기보다 1 mm 작은 것으로 drilling 한 후 순차적으로 확장기로 넓힌다. 전외측 다발 터널을 drilling할 때는 먼저 뚫어 놓은 전내측 다발의 터널에 obturator를 집어넣어 이를 보호하면서 하는 것이 안전하다.

6. 전내측 다발(AM-B)의 대퇴골 터널 만들기

Single-bundle과 마찬가지로 경경골(transtibial) 방법으로 미리 표시해 둔 10시~10시 반 혹은 1시 반~2시 방향으로 guide wire를 통과시키고, 예정된 크기보다 1 mm 작은 것으로 drilling한다. 후외측과 마찬가지로 터널 입구에 흔적만 먼저 만들어서 위치가 적당함을 확인한 후 약 35 mm 의 터널을 만든다. 이어서 확장기로 이식건이 통과할 수 있는 최소한의 크기로 터널을 만든다.

7. 후외측 다발의 이식건 통과 및 대퇴측 고정

후외측 경골 터널로 통과시킨 이식건을 grasper로 잡아 내어 부가적인 전내측 도달법(accessory AM portal)을 통해 후외측 대퇴 터널로 이식건을 통과시키고 Endobutton loop를 flipping하여 대퇴측 고정을 시행한다.

8. 전내측 다발의 이식건 통과 및 대퇴측 고정

Single-bundle과 마찬가지로 방법으로 전내측 다발의 이식건을 통과시킨 후 Rigid fix system을 이용하여 대퇴측 고정을 시행한다.

9. 경골측 고정

슬관절을 10도 정도 굴곡한 상태에서 후외측 다발을 터널과 같은 크기의 생체 흡수성 간섭나사못(bioabsorbable interference screw)로 고정하고, 슬관절을 60도 정도 굴곡한 상태에서 전내측 다발을 같은 방법으로 고정한다. Staple 또는 post-tie로 추가적인 고정을 시행하여 경골측 고정을 보강한다. 관절경 하에서 관절 운동을 시켜 impingement 여부와 이식건의 긴장도를 신전 및 굴곡 시에 탐침으로 확인하여 평가한다.

고 찰

전방십자인대의 해부학적 재건을 위한 다양한 방법들이 시도되고 있으나 최선의 방법에 대해서는 논란의 여지가 많으나, 전방십자인대 파열의 치료 중 gold standard는 아직까지는 자가 이식건을 이용한 단일 다발 재건술이다. 그러나 단일 다발 재건술은 회전 안정성을 도모하는데는 취약하다고 알려져 있다. 또한 자가 이식건은 공여부의 이환이라는 문제점을 안고 있는데 자가 슬개건은 슬관절 전방 통증, 슬관절 신전 기전의 문제, 슬개골 골절 등이, 자가 슬괵근은 과굴곡 시 굴곡근의 근력과 내회전력의 감소 등이 그것이다.

이런 문제들로 인해 저자들은 그 적응증을 제한하여 더 강한 회전 안정성을 필요로 하는 운동 선수나 더 강한 고정을 필요로 하는 재수술의 경우 등에서는 동종 이식건을 이용한 이중 다발 재건술을 시행하고 있다. 이중 다발 전방십자인대 재건술을 통하여 회전 안정성에 도움을 줄 수 있고, 동종 이식건을 사용함으로써 자가 이식건보다 더 강한 것은 물론이고 이식 공여부 이환율을 최소화시킬 수 있다. 또한 더 강한 이식건에 rigid fixation을 시행함으로써 accelerated rehabilitation을 가능하게 한다. 특히 빠른 운동 복귀가 필요한 운동 선수에서는 이런 장점이 더욱 현저하게 작용하리라 생각되며, 또한 rigid fixation이 필수적인 재수술의 경우도 저자의 방법이 많은 도움을 줄 수 있으리라 사료된다.

그러나 동종 이식건이 가지고 있는 단점, 특히 bacterial infection, disease transmission 등의 가능성은 드물다 하더라도 반드시 고려되어야 할 점이며, 수술 전에 informed consent를 통해 환자와 충분한 상의가 필요하다.

이중 다발 전방십자인대 재건술은 double happiness가 될 수도 있고 double trouble이 될 수도 있다고 하는데, 전자가 되기 위해서는 다음과 같은 조건이 필요할 것이다. 즉 anatomic double bundle, strong

graft, rigid fixation, donor site morbidity의 최소화, accelerated rehabilitation 등이 충족되어야 double bundle이 double happiness가 될 수 있을 것이다. Strong graft & rigid fixation의 측면에 있어서는 Dr. Kurosawa 등이 제안한 double loop hamstring autograft를 2 endobuttons과 post-tie with one cortical screw로 고정하는 것보다는 Dr. Fu 등이 제안한 2 TA allograft를 2 endobuttons과 2 bio-screws & staples로 고정하는 것이 double happiness에 가까울 것이다. 저자의 option 중에는 TA allograft with ST autograft를 이용하여 전내측 다발에 대해서는 Rigid fix 및 bio-screw & staple로, 후외측 다발에 대해서는 endobutton 및 bio-screw & post-tie를 이용하여 견고한 고정을 시행하는 것이 있는데, 이는 happiness로 가는 또 다른 대안이 될 수 있으리라고 생각한다.

이중 다발 재건술의 또 하나의 논란은 후외측 다발에 대한 것인데, 이에 대한 정확한 평가가 아직은 이뤄지지 않은 상태다. 후외측 다발을 anatomic site에 위치시키더라도 isometric position은 아니라는 것을 고려하여야 할 것이다. 비록 이중 다발 재건술을 통한 accelerated rehabilitation이라 할 지라도 술 후 rotational activity는 약 6주 정도 delay시켜야 후외측 다발의 실패 가능성을 줄일 수 있을 것으로 사료된다. 후외측 다발 역시 anatomic position에 press-fit fixation을 함으로써 rotational stability를 증가시키는 것이 중요할 것이다.

이론적인 근거는 어느 정도 있지만 임상적인 근거는 미약하기 때문에 동종 이식건을 이용한 이중 다발 전방십자인대 재건술은 터널 확장, 이식건의 충돌 및 추후 재건술에 관한 문제 등 잠재적인 합병증에 대한 평가와 함께 장기적인 추시가 필요하리라 사료된다.

REFERENCES

1. Adachi N, Ochi M, Uchio Y, et al: Reconstruction of the anterior cruciate ligament. Single- versus double-bundle multistranded hamstring tendons. J Bone Joint Surg Br 86:515-520, 2004
2. Aglietti P, Cuomo P, Giron F, et al: Double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: surgical technique. Oper tech Orthop 15:111-115, 2005
3. Ahn JH, Lee SH, Ahn HK, et al: Anterior Cruciate Ligament Double-Bundle Reconstruction with Hamstring Tendon Autograft - Technical Notes. J of Korean Arthroscopy Soc, 9:222-230, 2005
4. Carofino B, Fulkerson J: Medial hamstring regeneration following harvest for anterior cruciate ligament reconstruction: fact, myth, and clinical implication. Arthroscopy 21:1257-1264, 2005
5. Fithian DC, Paxton LW, Stone ML: Prospective trial of a treatment algorithm for the management of the anterior cruciate ligament-injured knee. Am J Sports Med 33:335-346, 2005
6. Fithian DC, Paxton LW, Goltz DH: Fate of the anterior cruciate injured knee. Orthop Clin North Am 33:621-636, 2002
7. Freedman KB, D' Amato MJ, Nedeff DD, et al: Arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction: a metaanalysis comparing patellar tendon and hamstring tendon autografts. Am J Sports Med 31:2-11, 2003
8. Griffin LY, Agel J, Albohm MJ, et al: Non-contact anterior cruciate ligament injuries: risk factors and prevention strategies. J Am Acad Orthop Surg 8:141-150, 2000
9. 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*, 17:801-807, 2001
10. Harner CD, Baek GH, Vogrin, et al: Quantitative analysis of human cruciate ligament insertions. *Arthroscopy* 15:741-749, 1999
 11. Harner CD, Griffin JR, Duntzman RC, et al: Evaluation and treatment of recurrent instability after anterior cruciate ligament reconstruction. *Instr Course Lect* 50:463-473, 2001
 12. Harter RA, Osternig LR, Singer KM, et al: Long-term evaluation of knee stability and function following surgical reconstruction for anterior cruciate ligament insufficiency. *Am J Sports Med* 16:434-443, 1988
 13. Loh JC, Fukuda Y, Tsuda E, et al: Knee stability and graft function following anterior cruciate ligament reconstruction: Comparison between 11 o' clock and 10 o' clock femoral tunnel placement. *Arthroscopy*, 19:297-304, 2003
 14. Mae T, Shino K, Miyama T, et al: Single- versus two femoral socket anterior cruciate ligament reconstruction technique: Biomechanical analysis using a robotic simulator. *Arthroscopy*, 17:708-716, 2001
 15. Marcacci M, Molgora AP, Zaffagnini S, et al: Anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction with hamstrings. *Arthroscopy*, 19:540-546, 2003
 16. Muneta T, Sekiya I, Yagishita K, et al: Two-bundle reconstruction of the anterior cruciate ligament using semitendinosus tendon with endobuttons: operative technique and preliminary results. *Arthroscopy*, 15:618-624, 1999
 17. Odensten M, Gillquist J: Functional anatomy of the anterior cruciate ligament and a rationale for reconstruction. *J Bone Joint Surg Am* 67-A:257-262, 1985
 18. Ristanis S, Stergiou N, Patras K, et al: Excessive tibial rotation during high-demand activities is not restored by anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 21:1323-1329, 2005
 19. Shino K, Nakata, K, Nakamura N: Anatomic anterior cruciate ligament reconstruction using two double-looped hamstring grafts via twin femoral and triple tibial tunnels. *Oper Tech Ortho*, 18:550-555, 2005
 20. Tjoumakaris FP, Buoncristiani A, Starman JS, et al: Anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction using tibialis anterior allograft. *Oper Tech Sports Med* 15:62-67, 2007
 21. Vidal AF, Brucker PU, Fu FH, et al: Anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction using tibialis anterior tendon allografts. *Oper Tech Orthop* 15:140-145, 2005
 22. Yagi M, Wong EK, Kanamori A, et al: Biomechanical analysis of an anatomic anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*, 30:660-666, 2002
 23. Yasuda K, Kondo E, Ichiyama H, et al: Anatomic reconstruction of the anteromedial and posterolateral bundles of the anterior cruciate ligament using hamstring tendon grafts. *Arthroscopy*, 20:1015-1025, 2004.