



이중 다발 전방십자인대 재건술의 임상적 결과

전북대학교 의학전문대학원 정형외과학교실

이주홍

Clinical Review in Double-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction

Ju Hong Lee, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Chonbuk National University Medical School, Jeonju, Korea

Double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction (DBACL) has been developed to produce better clinical outcomes in traditional single-bundle reconstruction, which showed considerable rate of dissatisfaction in restoration of stability and function of the anterior cruciate ligament deficient knee. There is plenty of evidence that DBACL has theoretical advantages in anatomical, biomechanical, biological, kinematical, and possibly clinical standpoint compared with traditional one but still a lack of available clinical outcome studies with sufficient follow-up to demonstrate the substantial advantages of DBACL. The purpose of this article is to review the clinical outcomes of double-bundle technique and to address controversy exists over the usefulness of this technique.

KEY WORDS : Anterior cruciate ligament, Reconstruction, Double-bundle technique, Clinical results

서 론

전방십자인대 손상에서 실시하는 인대 재건술은 수 십년에 걸친 많은 발전에도 불구하고 슬관절 안정성과 기능 회복에 있어서 적지 않은 비율의 불만족한 결과가 존재하고 있다. 즉 관절 운동에 따라 길이 변화가 적은 전내측 다발만을 자가 또는 동종 이식건을 이용하여 재건하는 전통적인 전방십자인대 재건술은 80~90%의 높은 성공률을 보이지만, 기존의 실패율과 함께 재건이 잘 된 경우라도 지속적인 슬관절 동통과 불안정성을 호소하는 환자가 10~30%에서 존재하며 격한 스포츠 활동 시 경골의 회전에 대한 재이들 손상 전 수준으로 회복시키지 못한다는 보고가 있다¹⁻³⁾. 또한 Lohmander 등⁴⁾은 단일 다발 재건술을 시행하고 12년의 장기 추사에서 방사선 상 슬관절의 퇴행성 변화가 환자의 93%에서 관찰되었고, Jonsson 등⁵⁾도 단일 다발 재건술을 시행하고 2년 후 pivot

shift 검사 양성인 환자는 낮은 기능적 결과와 함께 5~9년 추사에서 퇴행성 변화를 보고한 바 있다. 이는 오랜 기간에 걸쳐 우수한 임상적 결과와 안정성 회복이 입증된 단일 다발 재건술이지만 향후 개선의 여지가 있음을 의미하며 특히 재건술 후 속발되는 퇴행성 변화를 막기 위해서 회전 안정성을 포함한 정상적인 슬관절 운동역학 회복의 중요성이 강조되고 있다^{1,4,19,20)}.

1980년대에 처음 소개한 전방십자인대 이중 다발 재건술은 지속적인 해부학 및 생역학적 연구를 토대로 기존의 재건술 결과를 향상시키기 위해 고안되었고 다양한 술기로 시도되면서 진화를 거듭하고 있다. 그러나 이중 다발 재건술을 선택하여 시행하려는 움직임이 과연 필요한지 그리고 환자에게 만족스러운 결과를 주는지에 대해서 논란이 있으며 이에 최근 발표된 이중 다발과 단일 다발 전방십자인대 재건술의 임상적 결과를 비교한 문헌들을 중심으로 정리해 보았다.

본 론

이중 다발 전방십자인대 재건술 후 대부분의 임상적 결과는 안정성 회복과 기능적 결과 측면에서 단일 다발 재건술과 비교하고 있다. Kondo 등¹⁹⁾과 Muneta 등²⁰⁾은 이중 다발 재건술이 전방 및 회전 안정성 회복에서 단일 다발 재건술보다 효

* Address reprint request to

Ju Hong Lee, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Chonbuk National University Hospital,
634-18 Geumam-Dong, Jeonju, Korea

Tel: 82-63-250-1760, Fax: 82-63-271-6538

E-mail: jhlee55@chonbuk.ac.kr

과적이거나 합병증과 임상적 평가에서는 차이가 없었으며, Siebold 등²³⁾은 각종 슬관절 기능 평가 점수에서 두 군간의 통계적 차이가 없었으나 이중 다발 재건술이 IKDC의 객관적 평가 점수, KT-1000 관절계와 Pivot shift 검사를 이용한 전방 및 회전 안정성 회복에서 유의한 장점이 있다고 한 반면 Järvelä²⁴⁾와 Yagi 등²⁵⁾은 슬관절 점수나 전방 안정성은 차이가 없으나 회전 안정성에서만 유의하게 좋은 결과를 보였고 (Table 1), Colombet 등²⁶⁾은 적어도 여타 술기와 동일한 임상적 결과와 함께 전방 안정성 회복에서 명백한 향상을 보고 하였다. 그러나 Meredith 등²⁷⁾은 2007년까지 발표된 단일 다발과 이중 다발 재건술 결과를 비교한 논문에 대한 Meta-analysis에서 KT-1000 관절계를 통한 전방 안정성은 이중 다발 술식에서 통계학적으로 유의한 차이가 있으나 통상적으로 KT-1000은 1 mm의 정확도로 측정되며 정상 슬관절간의 이완인 0.52 mm 보다 큰 평균 0.8 mm (표준편차 0.7 mm)의 전방 이완의 차이를 보였고 IKDC평가에서 2 mm의 차이는 정상으로 간주하는 점으로 보아 임상적인 의미를 부여할 수 없으며 Pivot shift 검사를 통한 회전 불안정성은 이중 다발을 시행한 환자에서 비정상에 비해 정상 또는 정상에 가까운 확률이 높았지만 통계학적 유의성이 없어 이중 다발 재건술이 안정성 측면에서 임상적으로 유의한 차이가 없음을 보고하였고 이에 대해 Irrgang²⁸⁾ 등은 pivot shift 검사에서 정상 또는 거의 정상을 비정상과 이분법적으로 비교한 분석에 이의를 제기하고 pivot shift 검사에서 정상을 기준으로 분석하면 이중 다발 재건술이 회전 안정성 향상 측면에서 임상적으로 의미가 있음을 주장하였다.

또한 이중 다발 재건술이 갖는 안정성 향상의 장점은 Loh¹⁵⁾의 연구를 기반으로 대퇴 터널이 보다 수평으로 위치한 단일 다발 재건술의 결과와 비교되고 있는데 Streich 등²⁹⁾은 높은 수준의 스포츠 활동을 하는 남성에서 반경양간을 이용한 이중 다발 재건술이 우수한 임상적 결과를 보였지만 대퇴 골 터널을 보다 수평으로 위치시킨 단일 다발 재건술에 비해 임상적 결과, 전방 및 회전 안정성에서 유의한 차이가 없다고 보고 하였으며 Tsuda 등³⁰⁾도 안정성은 물론 IKDC 객관적 평가를 이용한 최종 추시에서의 결과에 차이가 없고 Kanaya 등¹¹⁾은 기기를 이용하여 정량적인 경골 회전 가한 다음 항법 장치로 전방 및 회전 안정성을 수술 시야에서 평가하여 같은

견해를 보고한 바 있다.

상기 문헌들을 살펴보면 이중 다발 재건술에 의한 안정성 향상으로 임상적 결과가 더욱 개선되는 것을 의미하지 않으며 특히 환자의 주관적 평가에서 차이가 없었음은 환자 만족도가 술 후 안정성 회복 외에도 다른 요인들이 존재할 수 있음을 뜻한다²⁰⁾. 또한 현재 십자인대 재건술 후 안정성을 객관적으로 정량화할 수 있는 여러 수단들이 있지만 이중 다발 전방 십자인대 재건술의 주 목적인 회전 안정성 회복 여부는 환자의 협조가 중요하며 결과의 판단에 주관적일 수 있는 Pivot shift 검사 외에 객관적으로 측정할 수 있는 방법이 없는 현실이다. 이를 위해 Tsai 등²¹⁾과 Yagi 등²⁴⁾이 고안한 방법이나 Song 등²⁶⁾과 Ishibashi 등³¹⁾이 이중 다발 재건술 중 전방 및 회전 안정성 향상에 대한 객관적 평가를 위해 항법장치를 이용한 측정이 시도되고 있으나 수술 시야에서의 안정성 평가 외에 실제적으로 임상에서의 적용을 위해 정확성, 일관성, 및 편의성을 갖춘 평가 방법의 개발에 많은 연구와 시도가 필요할 것으로 생각된다. 그리고 이중 다발 재건술의 임상적 결과에 대한 대부분의 평가가 안정성 향상에 치우친 경향이 있지만 그 외에도 술 후 격렬한 스포츠에 참여할 수 있는 능력이나 불안정성 감각에 대한 효과를 고려해야 하며 재건술이 골관절염의 위험도를 감소시키거나 방지하는 것에도 그 역할이 있는만큼 추시 관찰에서 관절연골의 조기 변화를 파악하기 위한 자기공명영상 사용도 고려해야 한다.

그리고 이중 다발 재건술이 어느 경우에 장점이 있는지, 모든 환자에 적용 가능한가 같은 적응증에 대한 논란은 계속될 것으로 보이나 최근에 발표된 해부학적 연구 결과에서 전방 십자인대 형태와 부착부의 크기가 개인 간의 큰 차이가 있으며 가능한 한 인대의 각 부착부를 재형성해야 하는 점에서 부착부 길이가 15 mm 미만이면 단일 다발, 이상이면 이중 다발 재건술이 고려될 수 있다는 의견을 제시하기도 하였으며 이에 따른 이식건 고정 방법을 제안하였다^{32,33)}. 또한 Järvelä²⁴⁾는 적어도 pivoting이 요구되는 스포츠 환자에게서 표준이 되는 수단으로 적용할 수 있을 것으로 생각했으며 Kim 등¹²⁾은 재건술 후 불안정성 재발의 위험도가 있는 전신적인 인대 이완을 가진 환자에게서 실시한 이중다발 재건술은 단일 다발에 비해 기능적 결과에서 차이는 없었지만 전방 이완이 적었음을 보고하였다.

Table 1. Outcomes of Clinical Comparative Studies in Latest 2 year

Author	Number	Follow up (average)	Outcome
Järvelä (2007)	30 S*~35 D [†]	14 mos [‡]	Positive trend [§]
Muneta (2007)	34 S~34 D	25 mos	Positive trend
Streich (2008)	25 S~25 D	24 mos	No difference
Siebold (2008)	35 S~35 D	19 mos	Positive trend
Kondo (2008)	157 S~171 D	24 mos	Positive trend

*S : single-bundle reconstruction, †D : double-bundle reconstruction, ‡ mos : months, §positive trend : positive in terms of stability

터널 확장에 있어서 이중 다발 재건술은 단일 다발 재건술에 비해 대퇴골 터널은 차이가 없으나 경골 터널 확장이 유의하게 적었고 전방 및 회전 이완을 보인 환자에서 터널 확장이 현저함을 보고하였는데¹⁰⁾ 이는 슬관절 운동 시 발생하는 부하가 각 다발로의 “load sharing” 같은 생역학적 장점¹¹⁾과 적은 직경의 터널과 이식건으로 이식건의 치유, 재형성 및 성숙에서의 생체적 이점 등의 결과로 추정되나 연부조직 이식건을 이용한 재건술에서 관찰되는 터널 확장은 여전히 피할 수 없으며 아직까지 단기적 임상적 결과와의 연관성은 없는 것으로 보고되고 있다. 그 외 비 해부학적으로 형성된 터널에 따른 이식건 간의 충돌도 고려해야 될 사항이며 다수의 터널 형성에 따른 골절 위험이나 드물지만 골괴사도 잠재적인 합병증이라 할 수 있다.

요 약

이중 다발 전방십자인대 재건술은 단일 다발 재건술에 비해 이론적으로 해부학적, 생역학적 및 생체적 측면에서 장점이 있고 실제로 현재까지 보고된 문헌들에서 안정성 회복에 긍정적인 의견이 우세하지만 아직까지 차별화된 임상적 결과를 보여주고 있지 않다. 그리고 세부적으로 각 다발의 정확하고 일관된 해부학적 위치 선정이 가능한 수술 술기, 이식건의 고정방법 및 고정 시 슬관절 굴곡각도와 초기 장력, 이중 다발 재건술에 적합한 재활방법, 수술 결과 평가에 중요한 요소인 환자 만족도를 반영해서 평가할 수 있는 항목 개발과 일차 맹검 검사자를 이용한 recording bias의 최소화, 그리고 회전 안정성을 객관적이고 정량화시킬 수 있는 측정방법에 대한 추가적인 연구가 필요하며 이러한 노력을 기반으로 얻어진 표준화된 술기를 체계적인 절차에 따라 환자에 적용하고 장기간의 추적조사를 통해 결과를 얻을 수 있도록 잘 고안된 많은 수의 임상적 연구가 축적됨으로써 이중 다발 재건술의 장점들이 임상적 결과로서 입증될 수 있을 것으로 생각된다.

REFERENCES

- 1) **Andriacchi TP, Briant PL, Bevil SI and Koo S:** Rotational changes at the knee after ACL injury cause cartilage thinning. *Clin Orthop Relat Res*, 442: 39-44, 2006.
- 2) **Colombet P, Robinson J, Jambou S, Allard M, Bousquet V and de Lavigne C:** Two-bundle, four-tunnel anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 14: 629-636, 2006.
- 3) **Freedman KB, D'Amato MJ, Nedeff DD, Kaz A and Bach BR:** Arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction :A meta-analysis comparing patellar tendon and hamstring tendon autografts. *Am J Sports Med*, 31: 2-11, 2003.
- 4) **Georgoulis AD, Ristanis S, Chouliaras V, Moraiti C**

- and Stergiou N:** Tibial rotation is not restored after ACL reconstruction with a hamstring graft. *Clin Orthop Relat Res*, 454: 89-94, 2007.
- 5) **Goldblatt JP, Fitzsimmons SE, Balk E and Richmond JC:** Reconstruction of the anterior cruciate ligament: meta-analysis of patellar tendon versus hamstring tendon autograft. *Arthroscopy*, 21: 791-803, 2005.
- 6) **Irrgang JJ, Bost JE and Fu FH:** Letter to the Editor "Outcome of Single-Bundle Versus Double-Bundle Reconstruction of the Anterior Cruciate Ligament: A Meta-Analysis" *Am J Sports Med*, 37: 421, 2009
- 7) **Ishibashi Y, Tsuda E, Fukuda A, Tsukada H and Toh S:** Navigation evaluation of the pivot-shift phenomenon during double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: is the posterolateral bundle more important? *Arthroscopy*, 25: 488-95, 2009.
- 8) **Järvelä T:** Double-bundle versus single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective, randomized clinical study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 15: 500-507, 2007.
- 9) **Järvelä T, Moisala AS, Paakkala T and Paakkala A:** Tunnel enlargement after double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective, randomized study. *Arthroscopy*, 24: 1349-1357, 2008.
- 10) **Jonsson H, Riklund-Ahlstrom K and Lind J:** Positive pivot shift after ACL reconstruction predicts later osteoarthritis: 63 patients followed 5~9 years after surgery. *Acta Orthop Scand*, 75: 594-599, 2004.
- 11) **Kanaya A, Ochi M, Deie M, Adachi N, Nishimori M and Nakamae A:** Intraoperative evaluation of anteroposterior and rotational stabilities in anterior cruciate ligament reconstruction: lower femoral tunnel placed single-bundle versus double-bundle reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. Epub. Mar 5, 2009.
- 12) **Kim SJ, Chang JH, Kim TW, Jo SB and Oh KS:** Anterior cruciate ligament reconstruction with use of a single or double-bundle technique in patients with generalized ligamentous laxity. *J Bone Joint Surg*, 91-A: 257-62, 2009.
- 13) **Kondo E, Yasuda K, Azuma H, Tanabe Y and Yagi T:** Prospective clinical comparisons of anatomic double-bundle versus single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction procedures in 328 consecutive patients. *Am J Sports Med*, 36: 1675-1687, 2008.
- 14) **Logan MC, Williams A, Lavelle J, Gedroyc W and Freeman M:** Tibiofemoral kinematics following successful anterior cruciate ligament reconstruction using dynamic multiple resonance imaging. *Am J Sports Med*, 32: 984-992, 2004.
- 15) **Loh JC, Fukuda Y, Tsuda E, Steadman RJ, Fu FH and Woo SI:** Knee stability and graft function following ante-

- rior cruciate ligament reconstruction: Comparison between 11 o'clock and 10 o'clock femoral tunnel placement. *Arthroscopy*, 19: 297-304, 2003.
- 16) **Lohmander LS, Ostenberg A, Englund M and Roos H:** High prevalence of knee osteoarthritis, pain, and functional limitations in female soccer players twelve years after anterior cruciate ligament injury. *Arthritis Rheum*, 50: 3145-3152, 2004.
- 17) **Mae T, Shino K, Matsumoto N, Nakata K, Nakamura N and Iwahashi T:** Force sharing between two grafts in the anatomical two-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 14: 505-509, 2006.
- 18) **Meredick RB, Vance KJ, Appleby D and Lubowitz JH:** Outcome of single-bundle versus double-bundle reconstruction of the anterior cruciate ligament: A Meta-Analysis. *Am J Sports Med*, 36: 1414-1421, 2008.
- 19) **Morimoto Y, Ferretti M, Ekdahl M, Smolinski P and Fu FH:** Tibiofemoral joint contact area and pressure after single- and double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*, 25: 62-69, 2009.
- 20) **Muneta T, Koga H, Mochizuki T, et al.:** A prospective randomized study of 4-strand semitendinosus tendon anterior cruciate ligament reconstruction comparing single-bundle and double-bundle techniques. *Arthroscopy*, 23: 618-28, 2007.
- 21) **Siebold R, Dehler C and Ellert T:** Prospective randomized comparison of double-bundle versus single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*, 24: 137-145, 2008.
- 22) **Siebold R:** Observations on bone tunnel enlargement after double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*, 233: 291-298, 2007.
- 23) **Siebold R and Zantop T:** Anatomic double-bundle ACL reconstruction: a call for indications. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 17: 211-212, 2009.
- 24) **Song EK, Oh LS, Gill TJ, Li G, Gadikota HR and Seon JK.:** Prospective Comparative Study of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Using the Double-Bundle and Single-Bundle Techniques. *Am J Sports Med*, Epub June 9, 2009.
- 25) **Streich NA, Friedrich K, Gotterbarm T and Schmitt H:** Reconstruction of the ACL with a semitendinosus tendon graft: a prospective randomized single blinded comparison of double-bundle versus single-bundle technique in male athletes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 16: 232-238, 2008.
- 26) **Tashman S, Kolowich P, Collon D, Anderson K and Anderst W:** Dynamic function of the ACL-reconstructed knee during running. *Clin Orthop Relat Res*, 454: 66-73, 2007.
- 27) **Tsai AG, Musahl V, Steckel H, et al.:** Rotational knee laxity: reliability of a simple measurement device in vivo. *BMC Musculoskelet Disord*, 9: 35, 2008.
- 28) **Tsuda E, Ishibashi Y, Fukuda A, Tsukada H and Toh S:** Comparable Results Between Lateralized Single-and Double-bundle ACL Reconstructions. *Clin Orthop Relat Res*, Epub. November 7, 2008.
- 29) **Yagi M, Kuroda R, Nagamune K, Yoshiya S and Kurosaka M:** Double-bundle ACL reconstruction can improve rotational stability. *Clin Orthop Relat Res*, 454: 100-107, 2007.

초 록

단일 다발 십자인대 재건술의 임상적 결과를 보다 향상하고자 제안된 이중 다발 전방십자인대 재건술은 해부학적, 생역학적, 생물학적, 운동역학적으로 많은 이론적 장점이 있고 이에 따른 임상적 측면에서의 결과 향상이 기대되지만 이를 입증할 만한 충분한 관찰 기간을 가진 임상적 연구들이 매우 부족한 실정이다. 따라서 저자는 이중 다발 전방십자인대 재건술에 관련되어 최근까지 발표된 문헌을 통해 임상적 결과를 분석하고 이에 제기된 문제점을 살펴보고자 한다.

색인 단어: 전방십자인대, 재건술, 이중 다발 술식, 임상적 결과