

잔여부 보존술식을 이용한 고유부착부 재현 전방십자인대 재건술의 임상결과

정현민 • 서영진[✉] • 송시영 • 차명수

한림대학교 동탄성심병원 정형외과

Clinical Results of Footprint Restoration Anterior Cruciate Ligament Reconstruction with Remnant Preservation

Hyun-Min Chung, M.D., Young-Jin Seo, M.D., Ph.D.[✉], Si Young Song, M.D., and Myoungsoo Cha, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Hallym University Dongtan Sacred Heart Hospital, Hwaseong, Korea

Purpose: Anteromedial (AM), posterolateral (PL), anterior, and posterior remnant preserving anterior cruciate ligament (ACL) reconstructions were conducted on patients with partial ACL tears based on the arthroscopic findings. The clinical results of the four groups were compared.

Materials and Methods: This study included 98 patients who underwent a remnant preserving ACL reconstruction from January 2013 to June 2016 and could be followed-up for at least two years. The subjects were categorized into four groups according to the selective bundles reconstructed: group A, anteromedial selective bundle reconstruction; group B, posterolateral selective bundle reconstruction; group C, anterior bundle reconstruction; and group D, posterior bundle reconstruction. The preoperative and postoperative anterior translation from the stress X-ray, International Knee Documentation Committee Subjective Knee Form (IKDC SKF) score, Lysholm score, and hospital for special surgery (HSS) score were compared.

Results: All four groups showed significant improvement in anterior translation on the stress X-ray conducted with knees at 15° flexion, IKDC SKF score, Lysholm score, and HSS score postoperatively (in all groups, $p < 0.001$). No intergroup differences were observed in terms of the functional outcomes except that preoperative IKDC SKF score was higher in the C group than in the A group ($p = 0.021$), and the preoperative Lysholm score was higher in the B group than in the A group ($p = 0.03$).

Conclusion: After the AM, PL, anterior, and posterior remnant preserving ACL reconstructions, all four groups showed satisfactory results in terms of the anteroposterior stability and functional knee scores with no significant intergroup differences.

Key words: anterior cruciate ligament, partial tear, remnant preserving, reconstruction

서론

전방십자인대 재건술은 해부학적 고유부착부에 골터널을 형성하여 이식건을 삽입하는 해부학적 재건술이 임상적, 생역학적으로 우수한 결과를 보이는 것으로 보고되고 있다. 해부학적 전방십자인대 재건술은 전방십자인대 고유의 용적, 교원질 방향성과 고유의 부착부를 재현함으로써 인대의 기능을 복원하는 것으로 정의되고 있다.¹⁾ 이 중 고유의 용적 및 교원질 방향성의 재현은 현재의 술기로는 구현이 불가능하기 때문에 대부분의 해부학적 재건

Received October 22, 2018 Revised December 22, 2018

Accepted April 24, 2019

[✉]Correspondence to: Young-Jin Seo, M.D., Ph.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Hallym University Dongtan Sacred Heart Hospital, 7 Keunjaebong-gil, Hwaseong 18450, Korea

TEL: +82-31-8086-2410 FAX: +82-31-8086-2029 E-mail: yjseo-os@hanmail.net

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2481-7536>

*This study was supported by a research grant from the Korean Musculoskeletal Tissue Transplantation Society (2017).

술은 전방십자인대 고유의 부착부에 터널을 형성시키는 것에 주안점을 두고 있다. 그러나 단일다발 전방십자인대 재건술 시행 시 전방십자인대의 대퇴골 건 부착부위는 타원형이지만 이식건의 단면은 원형이기 때문에 고유의 전방십자인대 대퇴골 부착부위를 해부학적으로 완전히 재건하는 데 한계가 있다. 한편 전방십자인대 부분 파열에서 잔여부를 보존하는 경우 이를 지표로 파열부위에만 국한하여 대퇴골 터널을 형성시키면 기존의 잔여부와 새로 삽입한 이식건이 해부학적 부착부를 보다 많이 포함하여 위치할 수 있게 된다.

Crain 등²⁾에 의하면 전방십자인대의 부분 파열에서 전방십자인대의 잔여부를 제거하면 전후방 불안정성이 더 심해지므로 잔여부를 보존하는 것이 전방 안정성에 기여한다고 하였다. 또한 잔여다발이 이식건의 생물학적 치료를 돕고 고유수용감각 기능을 유지하며, 슬관절 전방 전위 억제에 기능을 갖는다고 알려져 이를 보존하려는 노력들이 시도되고 있다. 이 중 몇몇 저자들은 고전적인 두 다발 이론에 따라서 전방십자인대의 부분파열을 전내측 다발 파열군과 후외측 다발 파열군으로 구분한 뒤 비교적 긴장도가 남아있어 기능할 것으로 여겨지는 하나의 다발을 보존하고 나머지 다발을 재건하는 형식의 선택적 전방십자인대 재건술이 만족할 만한 결과를 보였다고 보고한 바 있다.³⁾

한편 최근의 Śmigielski 등⁴⁾의 사체 해부학 연구에 의하면, 전방십자인대는 전내측과 후외측 다발로 구분되어 있지 않으며 두 다발 이론은 단지 무릎의 굴신과정에서 전방십자인대의 꼬임현상에 따른 착시현상일 뿐이라고 보고한 바 있다.

저자들의 임상경험에 의하면 전방십자인대의 부분 파열은 전내측이나 후외측 잔여부 외에 전내측과 후외측이 모두 부분적으로 잔여부를 갖는 전방부 혹은 후방부 잔여부도 있는 것으로 관찰되었으며, 이에 따라 보다 정확한 해부학적 재건을 위하여 선택적 전방십자인대 재건술도 어느 위치의 잔여부를 보존하느냐

에 따라 보다 세분하여 시행할 수 있었다.

이에 본 연구에서는 전방십자인대 부분 파열에서 관절경적 검사 소견을 바탕으로 전내측, 후외측, 전방부, 후방부 다발을 보존하는 잔여부 보존 전방십자인대 재건술을 시행한 후 (1) 각 군에서 수술 전, 후의 전후방 불안정성과 슬관절 기능점수를 비교하고, (2) 이들 네 군 간의 임상 결과를 비교하였다. 연구의 가설은 (1) 모든 군에서 수술 후에 전후방 불안정성과 슬관절 기능점수가 개선될 것이고, (2) 이들 네 군 간의 수술 후 전후방 불안정성과 슬관절 기능점수 간의 큰 차이가 없이 비슷하게 만족할 만한 결과를 가져올 수 있을 것으로 수립하였다.

대상 및 방법

1. 대상 환자

2013년 1월부터 2016년 6월까지 잔여부 보존 전방십자인대 재건술을 시행하고 최소 2년 이상 추시 가능했던 98명의 환자를 대상으로 하여 후향적인 연구를 시행하였다. 1차 유효성 평가지수(primary endpoint)는 슬관절의 전후방 불안정성으로 수립하였다. 84명의 남성과 14명의 여성이 포함되었다. 환자들의 평균 나이는 30.1세였으며, 수상 후 수술까지의 평균 기간은 7.7주였다. 추시기간은 최단 24개월, 최장 42개월, 평균 26개월이었다. 연구 대상으로 (1) Lachman test, pivot shift test, 자기공명영상으로 전방십자인대 손상을 진단받은 환자, (2) 잔여부 보존 전방십자인대 재건술을 시행한 환자를 포함시켰다. 반면 (1) 완전파열로 인해 대퇴골과 경골간 연결성이 없어서 잔여부 보존술식이 불가능한 환자, (2) 재재건술 혹은 과거에 슬관절 주위에 수술을 받은 환자, (3) 후방십자인대 혹은 후외측 구조물, 내측측부인대 등 여러 인대 동반손상 환자, (4) 양측 슬관절의 전방십자인대 재건술을 동시에 시행한 환자, (5) 골절과 동반된 전방십자인대 파열 환자는 연구

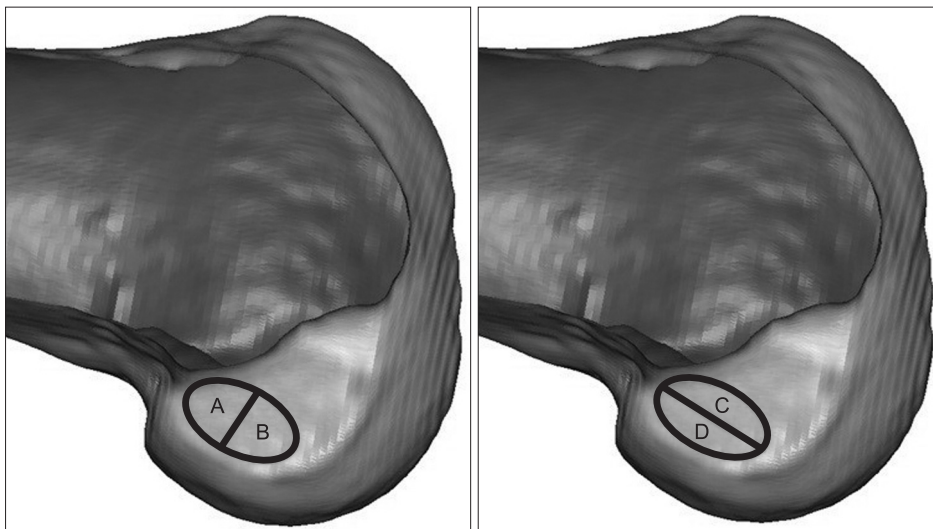


Figure 1. Schematic drawing of anterior cruciate ligament femoral attachment. We defined as anteomedial (A), as posterolateral (B), as anterior (C), and as posterior (D).

대상에서 제외하였다.

2. 수술방법

모든 예에서 경삽입구 방식의 전방삽자인대 재건술을 시행하였다. 먼저 전내측 삽입구로 삽입한 관절내시경하에서 탐침자를 부수적 전내측 삽입구로 삽입하여 전방삽자인대 잔여부를 조심스럽게 탐침하면서 경골과 대퇴골 사이의 연결성이 유지되어 있고 탐침자로 견인해보았을 때 5 mm 이상 이완되지 않아서 비교적 기능적일 것으로 판단되는 인대 잔여다발을 보존하였다. 이때 보존한 전방삽자인대 잔여다발의 위치를 잘 알려져 있는 전내측 다발, 전외측 다발 이외에 해부학적 위치에 따라 전방 다발, 후방 다발로 분류하였으며, 이는 대퇴 부착부위에 남아있는 잔여부를 기준으로 정의하였다(Fig. 1, 2).

대퇴터널의 위치는 고유 대퇴부착부 중 보존된 잔여다발을 제외한 남은 부착부위를 기준으로 선정하였고, 전내측 다발 선택적 재건술을 시행한 환자를 A군, 후외측 다발 선택적 재건술을 시행한 환자를 B군, 전방부 다발 선택적 재건술을 시행한 환자를 C군, 후방부 다발 선택적 재건술을 시행한 환자를 D군으로 설정하였

다. 대퇴 터널은 부 전내측 삽입구를 통하여 각각 전내측, 후외측, 전방부, 후방부 터널의 중심을 표시한 후 후방벽 파손을 방지하고 터널의 길이를 3 cm 이상 확보하기 위하여 슬관절을 약 120도 과굴곡시킨 다음 형성시켰다. 대퇴 터널의 평균 직경은 A군 8.0 ± 0.5 mm, B군 7.8 ± 0.8 mm, C군 7.0 ± 0.7 mm, D군 7.1 ± 0.7 mm로, 대퇴 터널의 평균 길이는 A군 34.2 ± 4.0 mm, B군 39.5 ± 2.7 mm, C군 38.3 ± 3.3 mm, D군 37.9 ± 2.7 mm로 측정되었다.

경골터널의 위치는 전방삽자인대의 고유 부착부위 내에서 각군의 대퇴터널에 상응하는 위치에 선정하였는데, 특히 C군과 D군의 대퇴골 터널 위치는 전내측과 후외측 다발의 중앙지점 중 C군은 전방부, D군은 후방부에 형성하였으므로 경골측에서도 이에 상응하여 전내측과 후외측 다발의 중앙지점 중 C군은 전방부, D군은 후방부에 형성하였다. 이식건은 모든 예에서 동종 전경골건(LifeNET Health, Virginia Beach, VA, USA)을 이용하였다. 동종건을 수입, 분배하는 수입업체로부터 심동결로 영하 80도의 초저온 냉장고에 보관시킨 동종건을 수술 당일 아이스박스에 옮겨 담은 후 수술실로 운반을 했으며, 수술 시에는 상온의 생리식염수에서 해동하였다. 해동된 동종건을 접어서 잔여부 부착부의 크기

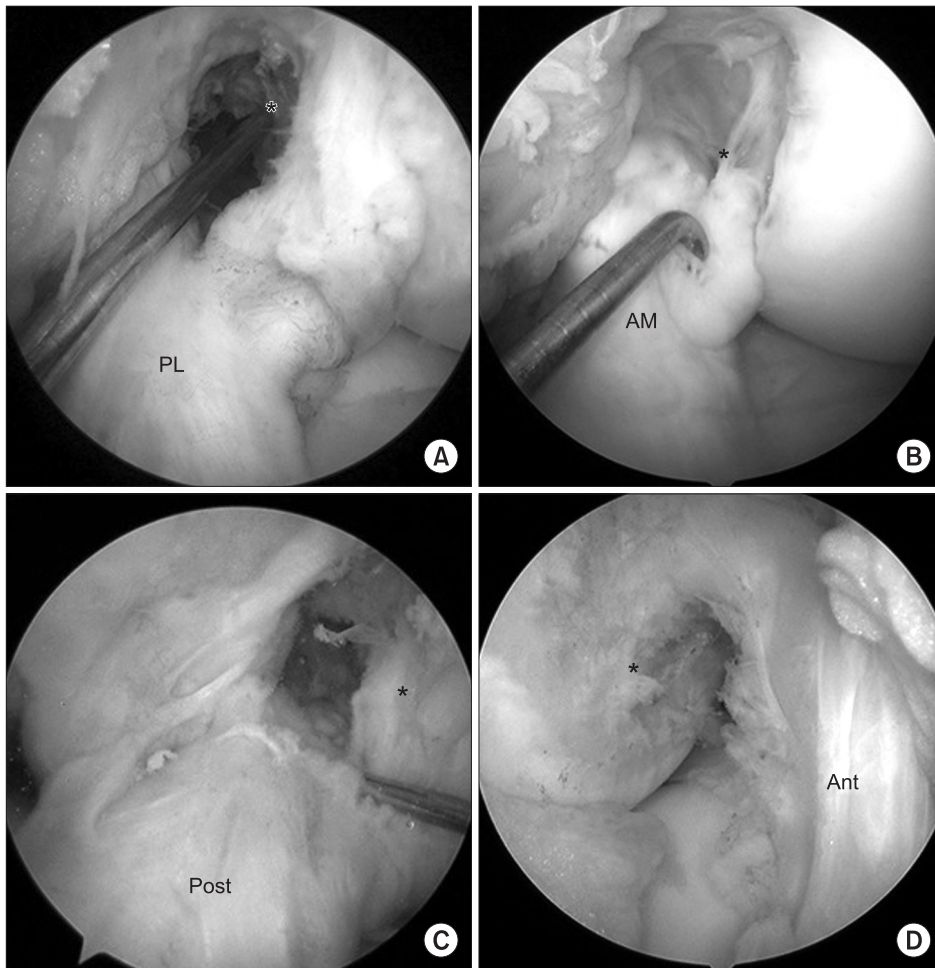


Figure 2. Second-look arthroscopic findings of remnant preserving anterior cruciate reconstruction. (A) The tension of posterolateral (PL) bundle was intact on arthroscopic exam. So we preserved it and selectively reconstructed anteromedial (AM) (*) bundle. (B) The tension of AM bundle was intact on arthroscopic exam. So we preserved it and selectively reconstructed PL (*) bundle. (C) The tension of posterior (Post) bundle was intact on arthroscopic exam. So we preserved it and selectively reconstructed anterior (Ant) bundle. (D) The tension of Ant bundle was intact on arthroscopic exam. So we preserved it and selectively reconstructed Post (*) bundle.

에 따라 직경 7–9 mm가 되도록 두 겹으로 만든 후 대퇴터널 삽입 측은 15 mm 길이의 테이프에 15 mm 길이의 EndoButton (Smith & Nephew Endoscopy, Andover, MA, USA)을 연결하였으며 경골터널 삽입 측은 여러 겹의 감치기 봉합을 시행하였다. 경골터널의 관절내 위치는 전방십자인대 고유경골 부착부에 그 중심점을 설정하여 형성시켰다. 경골측 고정은 간섭나사(Smith & Nephew Endoscopy)로 시행하였으며 나사 및 스파이크 워셔(spike washer)로 경골터널 시작점으로부터 하방 약 10 mm 위치에서 부가적 고정을 시행하였다.

3. 재활

수술 후 첫째 주에 슬관절의 완전 신전, 대퇴사두근 운동을 시작하였고, 그 이후에 슬관절의 운동 범위를 증진시키기 위해 발 뒤꿈치 활주(heel gliding) 운동을 하였다. 수술 후 첫째 주에 목발보행 및 부분 체중부하를 허용하였고, 수술 후 넷째 주에 전체 체중부하를 허용하였다. 수술 후 12주 동안 동작 슬관절 굴신 제한장치가 부착된 보조기를 착용하였는데 첫 4주간은 90도까지의 슬관절 굴곡을 허용하였고 이후 기간 동안은 굴곡 범위 제한 없이 슬관절 굴곡을 허용하였다. 수술 6개월 후 주행을 허용하였고, 수술 후 1년 6개월부터 접촉 스포츠를 허용하였다.

4. 기능평가

수술환자의 기능적, 주관적 결과평가는 수술 전, 수술 후 마지막

추시 시 International Knee Documentation Committee Subjective Knee Form (IKDC SKF) score, Lysholm score, hospital for special surgery (HSS) score를 확인하였으며 전후방 불안정성의 측정은 TELOS device (TELOS Medical USA, Millersville, MD, USA)를 이용한 스트레스 방사선 결과를 비교하였다. 스트레스 방사선 검사는 슬관절 15도 굴곡상태에서 측정하였으며 후방으로부터 전방 방향으로 150 뉴턴의 힘으로 전위시키고 영상증폭장치하에서 대퇴골 양측과가 일치되게하여 진성 측면 방사선(true lateral radiograph)을 촬영하였다. 측면 방사선에서 경골 고평부를 연장하는 직선을 그리고 대퇴골 양측과의 최후방 부분에서 이 직선에 수선을 내린 후 이 점과 경골의 최후방 부분의 거리를 측정하여 건측 대비 전방전위 차이를 슬관절의 전방전위 정도로 정의하였다.

5. 통계

통계 분석은 IBM SPSS Statistics ver. 24 (IBM Corp., Armonk, NY, USA)를 이용하여 시행하였는데 각 군의 수술 전, 수술 후 결과를 paired t-test 방법으로 비교하였다.

군 간의 비교는 one-way ANOVA 방법으로 통계적으로 분석하였고, Tukey honestly significant difference test로 사후 검정을 시행하였다. p -value < 0.05인 자료를 통계적으로 유의한 것으로 정의하였다.

본 연구는 후향적으로 진행되었으며, G*Power (ver. 3.1.9.2)를 이용하여 각 군의 수술 전, 후의 전후방 불안정성 비교의 검정력

Table 1. Demographic Data

Category	AM group (group A)	PL group (group B)	Ant group (group C)	Post group (group D)	p-value
No. of patients	22	26	18	32	
Follow-up period (mo)	25 (24–30)	26.6 (24–36)	27.1 (24–42)	25.4 (24–30)	
Age at surgery (yr)	24.1±5.9 (19–35)	33.7±10.3 (16–50)	31.8±12.1 (13–44)	32.3±14.4 (16–54)	NS
Sex (male:female)	22:0	24:2	14:4	24:8	NS
Height (m)	1.75±0.06	1.71±0.07	1.67±0.09	1.69±0.06	NS
Weight (kg)	76.7±10.8	73.6±11.6	74.6±15.6	69.1±10.7	NS
BMI (kg/m ²)	25.1±3.7	25.1±2.7	26.6±3.9	24.0±3.4	NS
Injury mechanism					
Sports	12	20	16	28	
Fall from height	6	4	2	2	
Traffic accident	4	2	0	2	
Time between injury and operation (wk)	6.2±8.4 (3–30)	7.2±7.6 (2–26)	6.7±5 (2–17)	10±8.2 (1–26)	NS
Concomitant meniscal injury					
MM tear	6	2	0	8	
LM tear	0	0	0	2	

Values are presented as number only, median (range), or mean±standard deviation (range). AM, anteromedial; PL, posterolateral; Ant, anterior; Post, posterior; NS, not significant; BMI, body mass index; MM, medial meniscus; LM, lateral meniscus.

분석을 시행하였다. 각 군 내에서의 수술 전, 후 전후방 불안정성 비교의 검정력은 A군에서 0.9999522, B군에서 0.9943724, C군에서, 0.9998448, D군에서 0.9967507으로 모든 군의 표본 수에서 충분한 검정력을 얻을 수 있었다.

결 과

1. 대상 환자

전체적인 대상 환자군의 인구학적 정보는 Table 1과 같다.

환자군의 수는 A군에서 22명, B군에서 26명, C군에서 18명, D군에서 32명이었다. 각 군 간의 연령, 성별, 키, 몸무게, 체질량지

수(body mass index), 수상 후 수술까지의 기간에 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

2. 전후방 불안정성

슬관절 15도 굴곡 상태에서 스트레스 방사선상 측정된 전방 전위는 수술 전 A군에서 6.7 mm에서 수술 후 2.2 mm로, B군에서 수술 전 5.5 mm에서 수술 후 2.5 mm로, C군에서 수술 전 7.1 mm에서 수술 후 1.5 mm로, D군에서 수술 전 4.9 mm에서 수술 후 0.9 mm로 유의한 호전을 보였다(모든 군에서 $p < 0.001$). Table 2에 임상 결과를 정리하였다.

3. 기능평가

IKDC SKF score는 A군에서 수술 전 37.8점에서 수술 후 92.5점으로, B군에서 수술 전 48.2점에서 수술 후 89.2점으로, C군에서 수술 전 56.2점에서 수술 후 92.2점으로, D군에서 수술 전 53.2점에서 수술 후 93.4점으로 유의한 호전을 보였다(모든 군에서 $p < 0.001$). 한편 수술 전 IKDC SKF score가 C군이 A군보다 유의하게 높았다($p=0.021$). 이외의 각 군 간의 차이는 없었다.

Lysholm score는 A군에서 수술 전 47.2점에서 수술 후 86.3점으로, B군에서 수술 전 57.2점에서 수술 후 90.3점으로, C군에서 수술 전 52.2점에서 수술 후 87.7점으로, D군에서 수술 전 51.2점에서 수술 후 89.2점으로 유의한 호전을 보였다(모든 군에서 $p < 0.001$). 수술 전 Lysholm score가 B군이 A군보다 유의하게 높았다($p=0.03$). 이외의 각 군 간의 차이는 없었다.

Hospital for special surgery (HSS) score는 A군에서 수술 전 43.2점에서 수술 후 91.5점으로, B군에서 수술 전 52.1점에서 수술 후

Table 2. Results of the Anterior Stress X-Ray

Category	STS difference measured by stress X-ray (mm)		
	Preop	Postop	p-value (Preop vs. Postop)
AM group (group A, n=22)	6.7±2.5	2.2±1.5	<0.001
PL group (group B, n=26)	5.5±3.2	2.5±2.1	<0.001
Ant group (group C, n=18)	7.1±3.0	1.5±1.2	<0.001
Post group (group D, n=32)	4.9±4.5	0.9±2.1	<0.001
p-value (intergroup)	NS	NS	

Values are presented as mean±standard deviation. All four groups showed significant improvement in terms of anterior (Ant) translation on stress X-ray postoperatively. STS, side to side; Preop, preoperative; Postop, postoperative; AM, anteromedial; PL, posterolateral; Post, posterior; NS, not significant.

Table 3. Functional Knee Score

Category	IKDC SKF score			Lysholm score			HSS score		
	Preop	Postop	p-value (Preop vs. Postop)	Preop	Postop	p-value (Preop vs. Postop)	Preop	Postop	p-value (Preop vs. Postop)
AM group (group A, n=22)	37.8±5.2	92.5±5.5	<0.001	47.2±5.5	86.3±5.1	<0.001	43.2±7.9	91.5±4.6	<0.001
PL group (group B, n=26)	48.2±8.9	89.2±3.7	<0.001	57.2±7.5	90.3±4.1	<0.001	52.1±3.2	93.2±4.5	<0.001
Ant group (group C, n=18)	56.2±4.2	92.2±3.5	<0.001	52.2±3.2	87.7±5.7	<0.001	54.2±6.7	89.5±6.8	<0.001
Post group (group D, n=32)	53.2±3.2	93.4±4.5	<0.001	51.2±4.7	89.2±6.9	<0.001	53.2±4.8	89.2±4.6	<0.001
p-value (intergroup)	AM vs. Ant=0.021	NS		AM vs. PL=0.03	NS		NS	NS	

Values are presented as mean±standard deviation. All four groups showed significant improvement in terms of IKDC SKF score, Lysholm score, and HSS score postoperatively. (In all groups, $p < 0.001$). There was no intergroup difference in terms of functional outcomes except that preoperative IKDC SKF score was high in C group than A group ($p=0.021$), and preoperative Lysholm score was high in B group than A group ($p=0.03$). IKDC, International Knee Documentation Committee Subjective Knee Form; HSS, hospital for special surgery; Preop, preoperative; Postop, postoperative; AM, anteromedial; PL, posterolateral; Ant, anterior; Post, posterior; NS, not significant.

93.2점으로, C군에서 수술 전 54.2점에서 수술 후 89.5점으로, D군에서 수술 전 53.2점에서 수술 후 89.2점으로 유의한 호전을 보였다(모든 군에서 $p < 0.001$). 수술 전, 후 HSS score의 각 군 간의 차이는 없었다. Table 3에 임상결과를 정리하였다.

4. 2차 추시 관절경검사 소견

A군에서 6예, B군에서 8예, C군에서 6예, D군에서 2예에서 2차 추시 관절경검사를 시행하였다. 이 중 A군에서 2예, B군에서 4예의 환자에서 이식건의 부분 파열을 보였으나 이식건의 긴장도는 비교적 잘 유지되고 있었다. 이외의 사례들에서는 이식건의 긴장도가 잘 유지되고 있었고 이식건의 부분 파열 소견은 없었다(Fig. 3).

고 찰

본 연구의 주요 결과는 다음을 들 수 있다. 전내측, 후외측, 전방 및 후방부 잔여 보존술식을 통해 고유부착부 재현 전방십자인대 재건술 후 (1) 모든 군에서 수술 후에 전후방 불안정성과 슬관절 기능점수가 개선되었고, (2) 이들 네 군 간의 수술 후 전후방 불안

정성과 슬관절 기능점수 간의 큰 차이가 없이 비슷하게 만족할 만한 결과를 얻는다는 것이었다.

전방십자인대 재건술을 시행할 때 정확한 해부학적인 터널 형성은 슬관절의 안정성을 증가시키고 자연적인 슬관절의 운동을 보다 잘 재현한다고 알려져 있다. 기존에 전방십자인대 파열 시 이중다발 재건, 전내측 혹은 후외측 선택적 다발 재건술 등 전방십자인대의 해부학적 재건을 위한 여러 노력이 있었다.^{3,13)} 하지만 이중다발 재건술은 단일다발 재건술과 비교하여 결과가 좋지 않다는 연구 결과가 있고,⁵⁾ 특히 후외측 다발의 부분 파열 등이 자주 관찰되는 단점이 있다.⁶⁾ 전내측 혹은 후외측 선택적 다발 재건술은 전방십자인대의 부분파열을 크게 두 가지 경우로만 분리하여, 저자들이 관찰한 것과 같은 전방 혹은 후방부 부분 파열은 반영되지 못할 가능성이 있다. 이에 본 연구에서는 전방십자인대 부분파열을 세분화한 잔여부 보존 전방십자인대 재건술을 시행함으로써 이중다발 재건술 및 전내측 혹은 후외측 선택적 다발 재건술의 단점을 보완하였다. 또한 보다 해부학적인 재건을 할 수 있었고, 전방십자인대 잔여부 보존에 의한 이점도 얻을 수 있었다.

잔여부를 보존하는 전방십자인대 재건술의 장점으로 고유수용

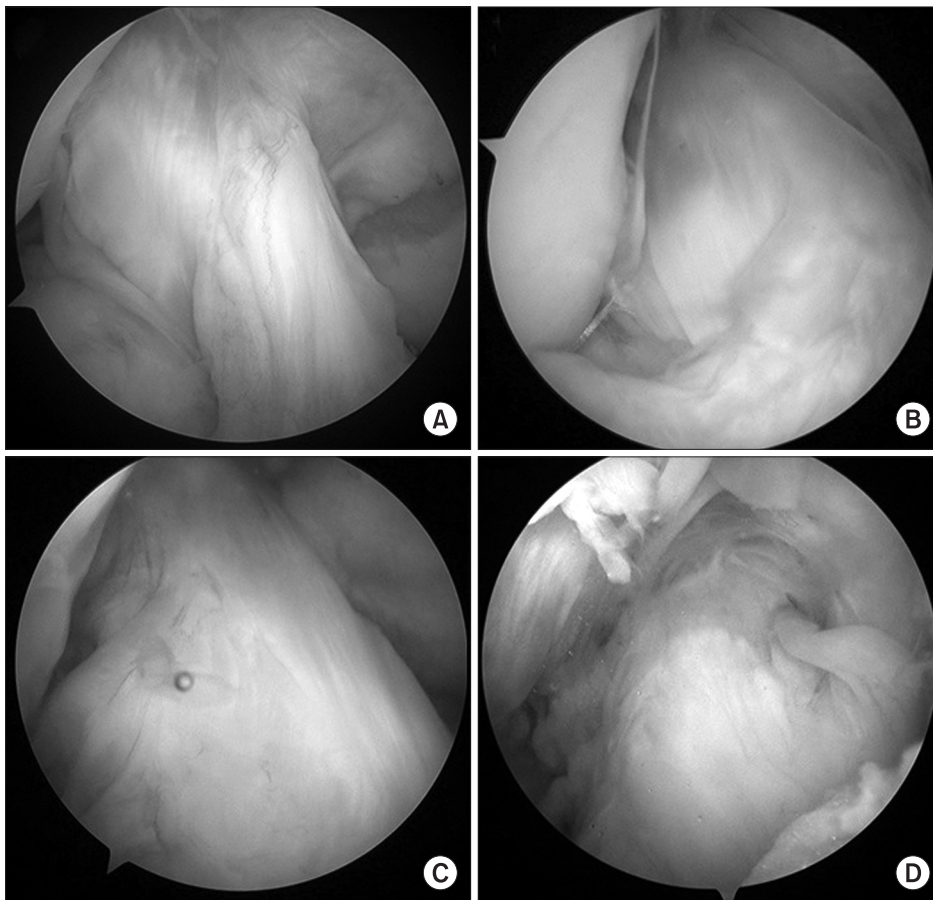


Figure 3. Second-look arthroscopic findings after (A) anteromedial selective bundle reconstruction, (B) posterolateral selective bundle reconstruction, (C) anterior selective bundle reconstruction, and (D) posterior selective bundle reconstruction. We confirmed that there was no partial tear of reconstructed anterior cruciate ligament, and the tension of reconstructed anterior cruciate ligament was intact.

감각을 보존하여 위치감각을 증진시킬 수 있으며 보존된 전방십자인대 잔여물이 이식건의 활액막형성 및 혈관재형성을 촉진하여 이식건 치유에 긍정적 영향을 줄 수 있을 것으로 보고하고 있다.⁷⁾

Georgoulis 등⁸⁾에 따르면 고유수용감각을 담당하는 기계적 수용체는 정상 전방십자인대에만 존재하는 것이 아니라 전방십자인대 파열 3년 후에도 잔여부에 존재한다고 하였다. 이러한 기계적 수용체들은 모든 전방십자인대 손상 시 발견되는 것은 아니며 수상 후 수술까지의 기간이 길수록 발견율이 떨어지는 것으로 보고되고 있다.⁹⁾ Sha 등¹⁰⁾에 의하면 수상 후 수술까지의 기간이 1년 이상일 때, 기간이 1년 이하일 때와 비교하여 전방십자인대의 기계적 수용체의 수가 유의하게 감소하는 것으로 보고되었다. 따라서 잔여부 보존 전방십자인대 재건술은 수상 후 수술까지의 기간을 줄이도록 하는 것이 좋겠다고 제시하였다. 본 연구에서는 평균적으로 수상 후 7.7주 후 잔여부 보존 전방십자인대 재건술을 시행하여, 상대적으로 기계적 수용체의 보존을 기대할 수 있을 것으로 기대된다.

Sun 등¹¹⁾에 의한 토끼 모델 연구에서, 전방십자인대 재건술 시 2 mm 길이의 경골 부위 잔여부를 가진 그룹이 잔여부가 없는 그룹에 비해 이식물이 물리적으로 강도가 우수하였으며, 잔여부가 남아있는 그룹에서 이식부의 혈류 형성이 더 잘 되었다. 잔여부를 가진 그룹의 물리적 강도는 수술 24주 후에도 더 강한 것으로 나타났다.¹²⁾ Takahashi 등¹³⁾에 의하면 전방십자인대의 재건술 시 잔여부를 보존하는 것이 세포의 분화, 재혈관화, 고유수용감각체의 재형성을 촉진시킨다고 하였다.

Kim 등¹⁴⁾에 의한 연구에서는, 잔여부 보존 전방십자인대 재건술을 시행한 66명의 환자를 대상으로 2차 관절경 추시를 시행하였고, 50% 이상의 잔여부를 가진 환자에서 이식물이 더 굵고 활액막이 이식부를 더 잘 덮고 있었다고 보고한 바 있다.

반면 기존의 잔여부 보존술식이 남아있는 전방십자인대의 중앙지점으로 터널을 형성시키는 보강(augmentation) 개념으로 터널을 형성시켰기 때문에 터널의 생성과정에서 잔여부 전방십자인대의 일부는 제거될 수 밖에 없었던 반면에 저자들의 수술방식은 기능할 것으로 예상하는 비교적 긴장도가 유지되는 다발을 보존하면서 고유의 부착부 내에서 기능하지 못하는 십자인대 다발의 부착부로 터널을 형성하였다. 이로써 잔여다발을 비교적 온전히 보존하면서 고유부착부의 재현(footprint restoration)을 보다 잘 구현할 수 있는 장점이 있을 것으로 생각된다. 저자들은 기존 연구에서 전방십자인대 부분 파열 환자군을 잔여부 보존(전내측 혹은 후외측 다발) 전방십자인대 재건술식으로 치료한 결과와 전방십자인대 완전 파열 환자군을 이중다발 전방십자인대 재건술식으로 치료한 결과를 비교하였고, 이들 간의 전후방 불안정성, 회전 불안정성, Lysholm, IKDC SKF와 같은 기능 점수 등 임상 결과가 큰 차이가 없는 것을 보고한 바 있다.³⁾

Lee 등¹⁵⁾에 의한 연구에서도 선택적 다발 재건술과 두 다발 재건술의 결과를 비교하였고, 두 군 간의 Tegner, Lysholm, IKDC SKF 등 기능 점수, Lachman, 회전 불안정성, 전방 전위 검사 등 불안정성, 컴퓨터 단층촬영상 대퇴 터널의 위치에 차이가 없다는 결과를 얻었다.

그러나 수술 전 자기공명영상 검사로 전방십자인대의 부분 파열 여부, 잔여부 다발의 위치 등을 확인하는 것은 용이하지 않고 알려져 있다. Abat 등¹⁶⁾에 의한 연구에서는 전방십자인대 재건술을 시행한 환자 중 19%의 환자가 잔여부가 있는 부분 전방십자인대 파열로 진단되어 선택적 다발 재건술을 시행하였고, 관절경 상에서 진단된 전방십자인대 부분파열 환자의 오직 21.4%의 환자만 수술 전 자기공명영상에서 부분파열로 진단되었다. 이는 잔여부 보존 술식의 최종결정에는 관절경 검사가 중요하다는 것을 시사한다. 본 연구에서도 선택적 다발재건술의 최종 결정은 관절경 검사상 잔여부의 조심스러운 탐침후 이루어졌다. 한편 수술 전 자기공명영상의 정확성을 높이기 위해 3 T 이상의 강한 전기장 강도를 갖는 자기공명영상의 사용과 전방십자인대의 주행방향과 일치하는 이상적인 사면(oblique) 영상이 필요하다는 보고가 있다.^{17,18)}

저자들은 이식건으로 동종 전경골건(tibialis anterior tendon)을 사용하여 전방십자인대 재건술을 시행하였다. 저자들은 일반적으로 동종건의 치유 과정이 자가건보다 많은 시간이 요한다는 점을 고려했을 때¹⁹⁾ 고전적인 조기 재활이 아닌 지연된 재활 훈련에 따라서 술 후 재활을 시행한 바 있으며 특히 비교적 젊고 스포츠 활동에 적극적인 환자에서 동종건 사용 시보다 엄격하게 지연된 재활 훈련을 시행하였다. 본 연구에서는 수술 후 슬관절 기능 점수 및 전방전위수준이 수술 전과 비교하여 모든 군에서 통계적으로 유의하게 개선되어 감마선 조사를 시행한 동종 전경골건을 이용한 선택적 전방십자인대 재건술 시행 시 수술 후 재활훈련의 단계 및 주행, 스포츠활동으로의 복귀 시점을 상대적으로 지연시킴으로써 비교한 우수한 결과를 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구의 한계점으로 첫째, 잔여부가 남아있는 전방십자인대 부분 파열을 자기공명영상으로 확인하기는 어려워 잔여부 보존술식을 시행할지 여부에 관한 술 전 계획을 미리 수립하는 데 제한이 있었다. 잔여부 보존술식의 결정은 모든 예에서 수술장 소견에 따라 최종 수립되었는데 어느 부위의 다발을 보존할지의 여부는 관절경상 탐침자로 전방십자인대를 탐색했을 때의 수술자의 주관적인 느낌에 의존하여 수술방식이 최종 결정되었기 때문에 잠재적 선택 편향의 가능성이 있었다는 점이다. 그러나 저자들은 보존시킬 잔여부의 선택에 보다 객관적이고 표준화된 수술적 지침을 마련하기 위해서 보존된 잔여부가 일부 느슨하더라도 경골과 대퇴골을 연결(bridging)하고 있으면서 동시에 탐침자로 견인 시 5 mm 이내의 이완성을 보여 비교적 긴장도를 유지하

고 있는 다발만을 보존하고자 하였다. 둘째, 전향적 연구가 아닌 후향적 연구이기 때문에 연구자의 편향이 개입될 여지가 있었다. 셋째, 이중다발 재건술을 시행한 환자와 같은 잔여부 보존술식 이외의 대조군이 잔여부 보존술식의 유용성을 분석하는 데 보다 도움이 될 것으로 생각되며 이는 추후 연구에서 반영되어야 할 것으로 생각된다. 넷째, 2차 추시 관절경검사를 한 표본의 수가 적어 이에 대한 향후 연구가 이루어져야 할 것이다.

결 론

전방십자인대의 선택적 다발 재건술을 시행할 때, 전방십자인대의 부분파열을 전내측, 후외측, 전방부, 후방부 다발으로 세분하여 재건하는 것이 임상적으로 좋은 결과를 가져올 수 있다.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors have nothing to disclose.

REFERENCES

1. van Eck CF, Fu FH. Anatomic anterior cruciate ligament reconstruction using an individualized approach. *Asia Pac J Sports Med Arthrosc Rehabil Technol.* 2014;1:19-25.
2. Crain EH, Fithian DC, Paxton EW, Luetzow WF. Variation in anterior cruciate ligament scar pattern: does the scar pattern affect anterior laxity in anterior cruciate ligament-deficient knees? *Arthroscopy.* 2005;21:19-24.
3. Yoo YS, Song SY, Yang CJ, Ha JM, Kim YS, Seo YJ. A comparison between clinical results of selective bundle and double bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Yonsei Med J.* 2016;57:1199-208.
4. Śmigielski R, Zdanowicz U, Drwiega M, Cizek B, Ciszowska-Łyson B, Siebold R. Ribbon like appearance of the mid-substance fibres of the anterior cruciate ligament close to its femoral insertion site: a cadaveric study including 111 knees. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015;23:3143-50.
5. Gobbi A, Mahajan V, Karnatzikos G, Nakamura N. Single-versus double-bundle ACL reconstruction: is there any difference in stability and function at 3-year followup? *Clin Orthop Relat Res.* 2012;470:824-34.
6. Ahn JH, Choi SH, Wang JH, Yoo JC, Yim HS, Chang MJ. Outcomes and second-look arthroscopic evaluation after double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction with use of a single tibial tunnel. *J Bone Joint Surg Am.* 2011;93:1865-72.
7. Muneta T, Koga H. Anterior cruciate ligament remnant and its values for preservation. *Asia Pac J Sports Med Arthrosc Rehabil Technol.* 2016;7:1-9.
8. Georgoulis AD, Pappa L, Moebius U, et al. The presence of proprioceptive mechanoreceptors in the remnants of the ruptured ACL as a possible source of re-innervation of the ACL autograft. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2001;9:364-8.
9. Gao F, Zhou J, He C, et al. A morphologic and quantitative study of mechanoreceptors in the remnant stump of the human anterior cruciate ligament. *Arthroscopy.* 2016;32:273-80.
10. Sha L, Xie G, Zhao S, Zhao J. A morphologic and quantitative comparison of mechanoreceptors in the tibial remnants of the ruptured human anterior cruciate ligament. *Medicine (Baltimore).* 2017;96:e6081.
11. Sun L, Wu B, Tian M, Liu B, Luo Y. Comparison of graft healing in anterior cruciate ligament reconstruction with and without a preserved remnant in rabbits. *Knee.* 2013;20:537-44.
12. Wu B, Zhao Z, Li S, Sun L. Preservation of remnant attachment improves graft healing in a rabbit model of anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy.* 2013;29:1362-71.
13. Takahashi T, Kondo E, Yasuda K, et al. Effects of remnant tissue preservation on the tendon graft in anterior cruciate ligament reconstruction: a biomechanical and histological study. *Am J Sports Med.* 2016;44:1708-16.
14. Kim MK, Lee SR, Ha JK, Ra HJ, Kim SB, Kim JG. Comparison of second-look arthroscopic findings and clinical results according to the amount of preserved remnant in anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee.* 2014;21:774-8.
15. Lee YS, Nam SW, Sim JA, Lee BK. Comparison of anatomic ACL reconstruction between selective bundle reconstruction and double-bundle reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2014;22:2803-10.
16. Abat F, Gelber PE, Erquicia JI, Pelfort X, Tey M, Monllau JC. Promising short-term results following selective bundle reconstruction in partial anterior cruciate ligament tears. *Knee.* 2013;20:332-8.
17. Steckel H, Vadala G, Davis D, Fu FH. 2D and 3D 3-tesla magnetic resonance imaging of the double bundle structure in anterior cruciate ligament anatomy. *Knee Surg Sports Trau-*

- matol Arthrosc. 2006;14:1151-8.
18. Steckel H, Vadala G, Davis D, Musahl V, Fu FH. 3-T MR imaging of partial ACL tears: a cadaver study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2007;15:1066-71.
19. Li H, Tao H, Cho S, Chen S, Yao Z, Chen S. Difference in graft maturity of the reconstructed anterior cruciate ligament 2 years postoperatively: a comparison between autografts and allografts in young men using clinical and 3.0-T magnetic resonance imaging evaluation. *Am J Sports Med.* 2012;40:1519-26.

잔여부 보존술식을 이용한 고유부착부 재현 전방십자인대 재건술의 임상결과

정현민 • 서영진[✉] • 송시영 • 차명수

한림대학교 동탄성심병원 정형외과

목적: 전방십자인대 부분 파열에서 관절경적 검사 소견을 바탕으로 전내측, 후외측, 전방부, 후방부 다발을 보존하는 잔여부 보존 전방십자인대 재건술 후 임상결과를 비교하였다.

대상 및 방법: 2013년 1월부터 2016년 6월까지 잔여부 보존 전방십자인대 재건술을 시행하고 최소 2년 이상 추시 가능했던 98명의 환자를 대상으로 하였다. 전내측 다발 선택적 재건술을 시행한 환자를 A군, 후외측 다발 선택적 재건술을 시행한 환자를 B군, 전방부 다발 선택적 재건술을 시행한 환자를 C군, 후방부 다발 선택적 재건술을 시행한 환자를 D군으로 설정하였다. 스트레스 방사선상 전방 전위, International Knee Documentation Committee Subjective Knee Form (IKDC SKF) score, Lysholm score, hospital for special surgery (HSS) score를 측정하여 수술 전과 수술 후의 기능점수를 비교하였으며 각 군 간 임상결과를 비교하였다.

결과: 슬관절 15도 굴곡 상태에서 스트레스 방사선상 측정된 전방 전위는 술 전과 비교하여 모든 군에서 유의한 호전을 보였다(all $p < 0.001$). IKDC SKF score, Lysholm score, HSS score 또한 모든 군에서 술 전과 비교하여 유의한 호전을 보였다(all $p < 0.001$). 군 간 비교 시 수술 전 IKDC SKF score는 C군이 A군보다 유의하게 높았고($p = 0.021$), 수술 전 Lysholm score는 B군이 A군보다 유의하게 높았다($p = 0.03$). 이외의 결과에서 각 군 간의 차이는 없었다.

결론: 전내측, 후외측, 전방부, 후방부 다발을 보존하는 잔여부 보존 전방십자인대 재건술 시행 후 전후방 불안정성과 슬관절 기능점수는 술 후 유의하게 향상되었으며 술 후 기능점수의 군 간 비교 시 각 군 간 유의한 차이 없는 만족할 만한 결과를 보였다.

색인단어: 전방십자인대, 부분 파열, 잔여부 보존, 재건술

접수일 2018년 10월 22일 수정일 2018년 12월 22일 게재확정일 2019년 4월 24일

[✉]책임저자 서영진

18450, 화성시 큰재봉길 7, 한림대학교 동탄성심병원 정형외과

TEL 031-8086-2410, FAX 031-8086-2029, E-mail yjseo-os@hanmail.net, ORCID <https://orcid.org/0000-0003-2481-7536>

*본 논문은 대한골연부조직이식학회 임상연구과제(2017년)에 선정 및 지원으로 작성되었음.