

# 골-슬개건-골을 이용한 관절경적 단일 다발 전방십자인대 재건술 후 회전 불안정성

Rotary Instability after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction with Single BTB Tendon

김명구 • 배주한 • 정재호

인하대학교 의과대학 정형외과학교실

**목적:** 골-슬개건-골을 이용한 단일 다발 전방 십자 인대 재건술 후 기능 회복과 전방 및 회전 안정성의 회복 정도를 조사하여 그 결과를 분석하였다.

**대상 및 방법:** 52명 환자들을 대상으로 하였으며 평균 추시 기간은 32개월이었다. Lachman 검사, KT-2000 관절계, Pivot shift 검사를 이용하여 전방 및 회전 안정성의 회복 정도를 평가하였으며, IKDC와 Lysholm score를 이용해 임상적 회복 정도를 평가하였다. 대퇴 터널의 각도가 회전 안정성의 회복에 미치는 영향을 조사하기 위해 대퇴 터널의 각도와 회전 안정성의 회복과의 연관 관계를 조사하였으며 회전 안정성의 회복이 환자의 기능적 회복에 미치는 영향을 조사하였다.

**결과:** 최종 추시 상 Lachman 검사 음성이 40예(76%), KT-2000 관절계 상 전방 전위는 평균 2.92 mm, Pivot shift 검사 음성이 41예(79%)로 수술 전에 비해 의미 있는 호전을 보였고( $p < 0.05$ ), Lysholm 과 IKDC 점수 또한 통계적으로 유의한 호전을 보였다( $p < 0.05$ ). 전방 전위가 5 mm 이하이며, Pivot shift 검사 음성인 증례를 Group A, 양성인 증례를 Group B로 구분하였다. Group A는 IKDC score상 정상 35예(85%), 거의 정상 6예(15%)였으며, Group B는 IKDC score상 정상 2예(25%), 거의 정상 5예(62.5%)였다. Lysholm score는 Group A가 평균 89.3, Group B는 평균 60.5였다. Knee tunnel view 검사 상 Group A는 평균 49.2°의 대퇴터널 각도를 보였으며 Group B에서는 63.5°였다.

**결론:** 전방 십자 인대 단일 다발 재건술시 10시 30분 또는 1시 30분 방향의 경경골 대퇴 터널을 이용하여 이식건의 경사를 줄였을 때, 전방 안정성뿐만 아니라 회전 안정성 회복에도 효과적이어서 우수한 임상적 결과를 얻을 수 있다.

**색인단어:** 회전 안정성, 단일 다발 전방 십자 인대 재건술, 대퇴 터널, 골-슬개건-골

## 서 론

전방 십자 인대는 경골 부착 부위의 상대적인 위치에 따라 전내측 다발과 후외측 다발로 구분된다. 두 다발 모두 슬관절 안정성에 중요한 역할을 담당하며 각각 전방 안정성 및 회전 안정성에

서로 다른 기전으로 작용하는 것으로 알려져 있다.<sup>1)</sup> Zantop 등<sup>2)</sup>은 전내측 다발과 후외측 다발이 전후방 부하 및 복합적인 회전 부하에 대해서 상호 작용하면서 슬관절을 안정화시키는 것으로 보고하였다. 전방 십자 인대 파열시 치료는 단일 다발 재건술이 흔히 이용되어 왔으며, 그 결과도 우수한 것으로 보고되어 왔다.<sup>3-6)</sup> 하지만 최근 일부 연구들에 의하면 단일 다발 재건술은 후외측 다발의 생역학적인 재건이 적절히 이루어지지 못하기 때문에 슬관절의 회전 안정성 회복에 한계가 있다는 문제가 제기되고 있다.<sup>3,7-9)</sup>

이에 본 논문은 단일 다발 십자 인대 재건술은 슬관절의 안정성 특히 회전 안정성의 회복에 성공적이지 않은가에 의문점을 두고 저자들이 그 동안 실시하였던 골-슬개건-골을 이용한 관절경적 단일 다발 전방 십자 인대 재건술의 결과를 후향적으로 조사하여 슬관절의 안정성 특히 회전 안정성의 회복의 정도를 조사하였으

접수일 2009년 4월 30일 게재확정일 2009년 11월 17일

교신저자 김명구

인천시 중구 신흥동 3가 7-206, 인하대학교 의과대학 정형외과학교실

TEL 032-890-3662, FAX 032-890-3099

E-mail m9kim@inha.ac.kr

\* 본 논문의 요지는 2008년도 대한정형외과학회 추계학술대회에서 발표되었음.

\* 본 논문은 2009년도 인하대학교의 임상연구비의 지원을 받아 이루어졌음.

며 회전 안정성의 회복에 영향을 미칠 수 있는 요인과 전후방 안정성의 회복 뿐만 아니라 회전 안정성의 회복이 재건술 후 환자의 기능 회복에 좋은 결과를 미치는지의 여부를 조사하고 그 결과를 분석하여 보고하고자 한다.

## 대상 및 방법

### 1. 연구 대상

2003년 1월과 2006년 12월 사이에 본원에서 골-슬개건-골을 이용하여 단일 다발 전방 십자 인대 재건술을 시행한 환자 중 최소 12개월 이상의 추시가 가능했던 52예의 환자를 대상으로 연구를 시행하였다. 반대측 슬관절에 손상이 있거나 동측 슬관절의 안정성에 영향을 줄 수 있는 전방 십자 인대 손상 외에 후방 십자 인대와 내외측 측부 인대 손상이 있는 환자들은 제외하였다. 수술 당시 환자들의 평균 나이는 30.3세(19세-51세)이었고, 이중 우측이

23예, 좌측이 29예이었으며, 여자 17예, 남자 35예이었다. 52명 중 동종 골-슬개건-골을 이용하여 수술 한 경우가 35예, 자가 골-슬개건-골 이식을 한 경우가 17예였다. 손상 기전으로는 스포츠 손상이 43예, 교통사고 1예, 낙상 및 미끄럼 사고 8예이었다. 평균 추시 기간은 32개월(12-55개월)이었다. 동반 손상으로는 반월상 연골 파열이 26예이었으며 외측 반월상 연골 손상이 6예, 내측 반월상 연골이 16예, 내 외측 반월상 연골 손상이 동시에 존재한 경우가 4예이었다. 18예에서 반월상 연골 부분 절제를 시행하였으며 8예에서는 반월상 연골 봉합술을 시행하였다.

### 2. 수술 술기

모든 수술은 동일한 술자에 의해 시행되었다. 진단적 관절경을 시행하여 전방 십자 인대 파열을 확인하였으며, 후방 십자 인대, 내 외측 반월상 연골 및 대퇴골과 경골 연골 부위의 손상 여부를 관찰하였다. 자가 이식건의 채취는 슬관절 전방에 종으로 약 6 cm의 피부 절개를 시행하여 10 mm 넓이의 슬개건을 25 mm의 슬개골과 경골편을 포함하여 채취하였으며, 이때 슬개건의 길이가 30 mm에서 35 mm 사이가 되도록 경골 근위부 골편을 포함하여 채취하였다. 동종 이식건의 이식건은 모두 한 회사 공급의(주) 준영메디칼) 신선 동결 골-슬개건-골을 이용하였으며, 사용 전 최소 20분 이상 0.9% 식염수에 담근 후 이용하였다. 전방 십자 인대 조직 제거는, 경골 부착 부분은 이식건의 재 혈관화에 도움이 되도록 하기 위해 적게 제거하였고(Fig. 1), 과간 절흔이 좁은 경우 1-2 mm 두께의 과간 절흔 성형술을 시행하였다. 관상면에서 대퇴 터널의 경사를 감소시키기 위하여 경골 터널은 경골 결절과 표재 내측 측부 인대의 중앙에서 시작하는 고식적인 방법이 아닌 표재 내측 측부 인대와 거위발 건의 경계 부위에서 경골 터널을 만들었다(Fig. 2). 대퇴 터널은 가능하면 10시 반(우측) 또는 1시 반(좌측) 방향으로 만들도록 노력하였으며 1-2 mm 두께의 후방 골피가 남도록 하여 10 mm 직경의 터널을 30 mm 깊이로 굴착하였다. 모든 예에서 골편은 생체 흡수형 간섭 나사(Bioscrew®, poly L-lactic acid, Linvatec Co, USA)를 이용하여 고정하였으며, 경골



Figure 1. This picture shows that we preserved tibial remnant of ACL as possible.

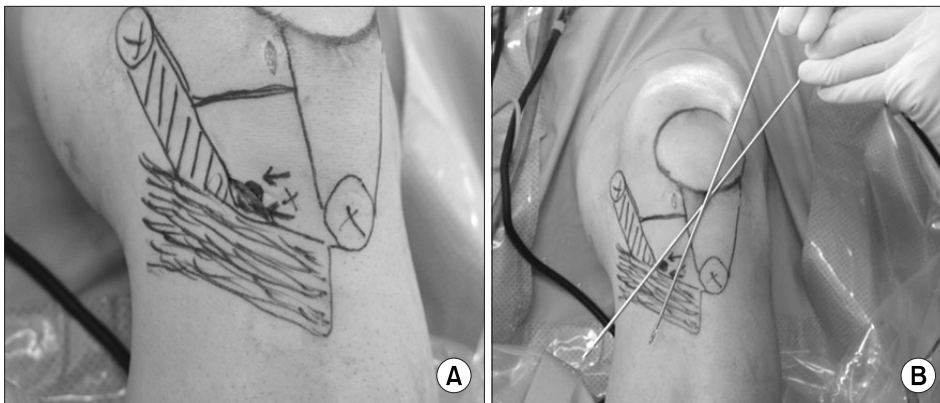


Figure 2. (A, B) Figures show that our tibial tunnel starting point (arrow) is more medial than standard ACL tibial tunnel (X) (X: Midway of superficial medial collateral ligament and tibial tubercle, Arrow: Point at junction of MCL and pes anserinus).

부 골편은 90도 외회전 시킨 후 고정하였다(Fig. 3).

### 3. 술 후 재활

Shelbourne과 Nitz<sup>10)</sup>의 가속 재활 프로그램을 준용하여 재활을 시행하였다. 수술 후 즉시 완전 신전 상태에서 보조기를 착용하였고, 술 후 1-3일째 수동적 연속 운동 기구(continuous passive motion exercise)를 이용하여 초기에 관절 운동을 시행하였으며 동통이 감소되는 2-3일 후부터는 등장성 대퇴 사두근 강화 훈련을 시행하였다. 반월상 연골 봉합술을 시행한 예를 제외하고는 술 후 1주일 후부터 슬관절 운동 보조기를 착용하고 부분체중 부하를 허용하면서 목발 보행을 시행하도록 하였으며, 환자가 적응이 되면 3-4주부터는 완전 체중 부하를 허용하였다. 대퇴 사두근 강화운동을 지속적으로 시켰으며, 2개월부터는 보조기를 착용하지 않고 보행을 하도록 하였고 술 후 3개월부터는 환자의 상태에 따라 달리기 등 가벼운 운동은 허용하였다.

### 4. 연구 방법

슬관절 안정성에 대한 평가는 Lachman 검사, KT-2000 관절계를 이용하여 전방 전위 여부를 정량적으로 측정하였으며 Pivot shift 검사로 회전 불안정성의 정도를 측정하였다. Lachman 검사는 건측과 차이가 3 mm 이하인 경우는 Grade 0, Grade I 이상은 3 mm 이상의 차이가 느껴지면서 hard end point가 없는 경우이며, 건측과 차이가 3-5 mm 이하인 경우 Grade I, 건측과 차이가 5-10 mm 인 경우를 Grade II, 10 mm 이상의 차이를 보이는 경우 Grade III로 판정하였다. KT-2000 관절 계측계상 건측과 차이가 2 mm 이하인 음성, 3에서 5 mm의 차이인 경우 1+, 6내지 10 mm의 차이

인 경우에는 2+, 10 mm 이상의 차이를 보인 경우를 3+로 하였다. Pivot shift 검사는 0 (normal), 1+ (glide), 2+ (clunk), 3+ (gross)로 평가하였다. 임상적 결과에 대한 평가는 슬관절 동통, 슬관절 부종, 계단 오르내리기, 파행, 잠김, 보조기의 사용여부, 불안정성 등의 여덟 가지 항목의 점수를 합산하는 방식의 Lysholm score system<sup>11)</sup>과 환자의 주관적 평가, 증상, 운동 범위, 인대의 안정성 여부, 슬부 구획의 염발음, 이식건 채취부 병변, 방사선 소견, 기능적 검사 등의 여덟 가지 항목을 조사하고, 각 항목을 4등급으로 하여 어떤 항목이라도 최하 등급으로 기록되어지는 항목을 기준으로 정상, 거의 정상, 비정상, 심한 비정상의 4등급으로 판정하는 IKDC (International Knee Documentation Committee)의 평가 방법을 이용하였다. 수술 후 슬관절의 대퇴 터널의 경사각 정도를 Knee tunnel view를 이용하여 측정하였다. Knee tunnel view는 복외위에서 환자의 무릎을 60도 굴곡한 상태(일정한 각도를 유지 하기 위해서 모든 환자에서 동일한 angle block을 이용하여 무릎 굴곡을 시켰음)에서 X-ray beam을 관절면에 최대한 수평이 되도록 조사하여 시행하였으며, 관절면과 평행인 선과 대퇴 터널이 이루는 각도를 측정하였다. Knee tunnel view상의 대퇴 터널 각도를 측정하여 회전 불안정성과의 인과 관계를 측정하였고, 전방 안정성의 회복 정도에 따른 회전 안정성의 회복 정도를 측정하여 이들의 인과 관계를 조사하였으며 이에 따른 환자의 기능 회복 정도를 조사하였다. 통계적 검정은 Lachman 검사와 IKDC score는 Fisher's exact test, KT-2000 관절계 결과는 Paired t-test, Lysholm score의 경우는 Wilcoxon's signed Ranks Test와 Mann-Whitney test를 이용하였고 통계적 유의성은  $p < 0.05$ 로 하였다. 전후방 안정성과 회전 안정성 간의 상관관계는 Spearman's rank correlation coefficient를 구하여 분석하였다.

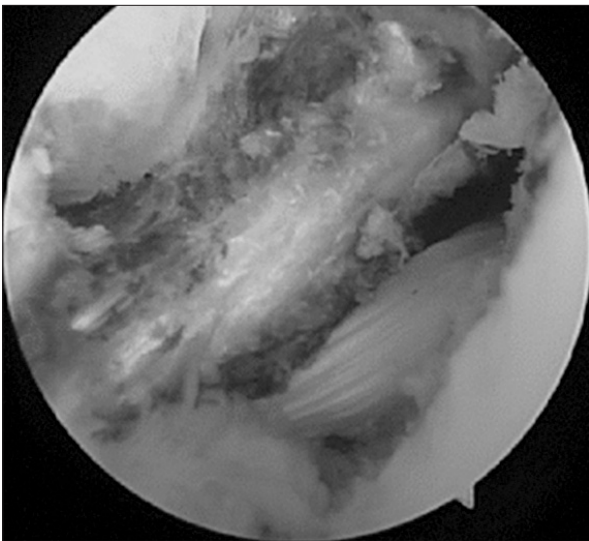


Figure 3. We reproduce normal lateral twist of the ACL with 90° of lateral rotation of the tibial bone plug (Painted fiber indicate anteromedial bundle and remains are posteromedial bundle).

## 결 과

### 1. 슬관절 안정성

수술 전 Lachman 검사는 Grade 0 0예(0%), Grade I 36예(69%), Grade II 14예(27%), Grade III 2예(4%)였으며, 최종 추시 시 Grade 0 40예(76%), Grade I 11예(22%) Grade II 1예(2%)로 수술 전에 비해 통계적으로 의미 있게 호전 되었다( $p$ -value=0.041) (Table 1). 수술 전 KT-2000 관절계를 이용하여 건측과 비교한 최대 도수 전방 전위차는 3-5 mm가 23예(44%), 5 mm 이상이 29예(56%)였으며, 수술 후 최종 추시에서 3 mm 이하가 37예(71%), 3-5 mm가 12예(23%), 5 mm 이상이 3예(6%)였으며, 평균값으로는 수술 전 평균 6.5 mm (3-19)에서, 최종 추시 시 평균 2.92 mm (1-10)로 통계적으로 의미 있는 호전을 보였다( $p$ -value<0.001) (Table 2). Pivot shift 검사의 경우 수술 전 Grade 0 0예(0%), Grade I 17예(33%), Grade II 27예(52%), Grade III 8예(15%)였으며, 최종 추시 시 Grade 0 41예(79%), Grade I 7예(13%) Grade II 1예(2%), Grade III 3예(6%)

Table 1. Lachman Test

Grade of Lachman test	NO. (%)	
	Preop	Final Follow-up
0	0 (0)	40 (76)
I	36 (69)	11 (22)
II	14 (27)	1 (2)
III	2 (4)	0 (0)

p-value=0.041.

Table 2. KT-2000 Arthrometer

KT-2000 (mm)	NO. (%)	
	Preop evaluation	Final follow-up
< 3 mm	0 (0)	37 (71)
3-5 mm	23 (44)	12 (23)
> 5 mm	(56)	3 (6)
Average (mm)	6.5	2.92

p-value&lt;0.001.

Table 3. Pivot Shift Test

Grade of pivot shift	NO. (%)	
	Preop evaluation	Final follow-up
0	0 (0)	41 (79)
I	17 (33)	7 (13)
II	27 (52)	1 (2)
III	8 (15)	3 (6)

p-value&lt;0.001.

로 수술 전에 비해 통계적으로 의미 있게 호전되었다(p-value < 0.001) (Table 3).

## 2. 임상적 결과

Lysholm score는 수술 전 good (70-84점)이 4예(8%), fair (55-69점)가 23예(44%), poor (0-54점)가 25예(48%), 평균 45.3점(10-72점)에서, 수술 후 최종 추시에서 excellent (85-100점)가 23예(44%), good가 21예(40%), fair가 5예(10%), poor가 3예(6%), 평균 86.2점(49-98점)으로 통계적으로 의미 있게 호전되었으며(p-value < 0.001), IKDC score도 수술 전 비정상 35예(67%), 심한 비정상 17예(33%)에서 최종 추시에서 정상 37예(71%), 거의 정상 11예(21%), 비정상 4예(8%)로 수술 전에 비해 통계적으로 의미 있는 호전을 보였다(p-value < 0.001) (Table 4, 5).

Table 4. Lysholm Score

Lysholm score	NO. (%)	
	Preop evaluation	Final follow-up
85-100 (Excellent)	0 (0)	23 (44)
70-84 (Good)	4 (8)	21 (40)
55-69 (Fair)	23 (44)	5 (10)
0-54 (Poor)	25 (48)	3 (6)
Mean score	45.3	86.2

p-value&lt;0.001.

Table 5. IKDC Score

IKDC score	NO. (%)	
	Preop evaluation	Final follow-up
Normal	0 (0)	37 (71)
Nearly normal	0 (0)	11 (21)
Abnormal	35 (67)	4 (8)
Severly abnormal	17 (33)	0 (0)

p-value&lt;0.001.

## 3. 전후방 안정성에 따른 회전 안정성

수술 후 전방 안정성에 따른 회전 안정성 정도를 분석하였다. KT-2000 관절계로 측정한 전방 전위 차이가 3 mm 이하였던 예에서는 Pivot shift 검사 상 Grade 0 35예, Grade I이 2예이었으며, 전방 전위 차이가 3-5 mm 사이였던 경우는 Pivot shift 검사 상 Grade 0가 6예, Grade I이 5예, Grade III가 1예이었으며, 전방 전위 차이가 5 mm 이상이었던 경우는 Pivot shift 검사 상 Grade II 1예, Grade III 2예로 나타났다. 즉, KT 2000 관절계 상에서 전방 전위 차이가 3 mm 이하로 우수하였던 증례들에서는 Pivot shift 검사 또한 97%가 Grade 0로 좋은 결과를 보인 반면 전방 전위 차이가 5 mm 이상으로 불량하였던 예에서는 Pivot shift 검사 결과 또한 불량의 것으로 나타났다. 전방 안정성과 회전 안정성의 관계는 Spearman correlation coefficient로 구하였을 때 유의한 상관관계를 보였다(correlation coefficient=0.037) (Fig. 4).

## 4. 슬관절 안정성에 따른 임상적 결과

KT-2000 관절계로 측정한 전방 전위 차이가 5 mm 이하이면서 Pivot shift 검사가 Grade 0 이었던 41예를 Group A, KT-2000 관절계로 측정한 전방 전위 차이가 5 mm 이하이면서 Pivot shift 검사가 양성이었던 8예를 Group B로 나누어 비교하였다. Group A의 IKDC score는 정상 35예(85%), 거의 정상이 6예(15%)였으며, Lysholm score는 평균은 89.3점(50-98)이며, excellent가 22예(54%) good이 17예(42%), fair 1예(2%), poor 1예(2%)이었다. Group B의



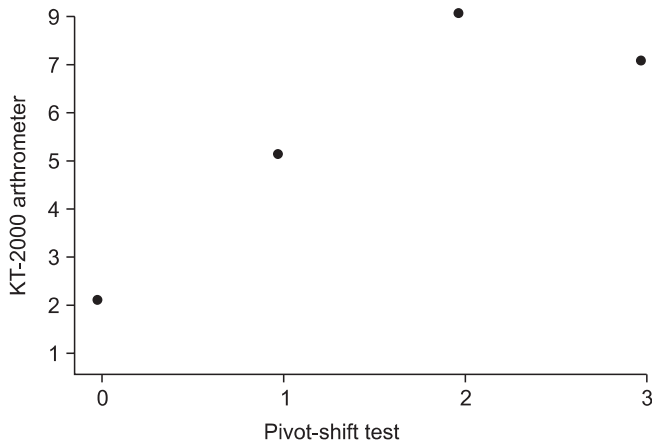


Figure 4. Relationship between result of KT-2000 arthrometer (AP stability) and Pivot shift test (Rotational stability).

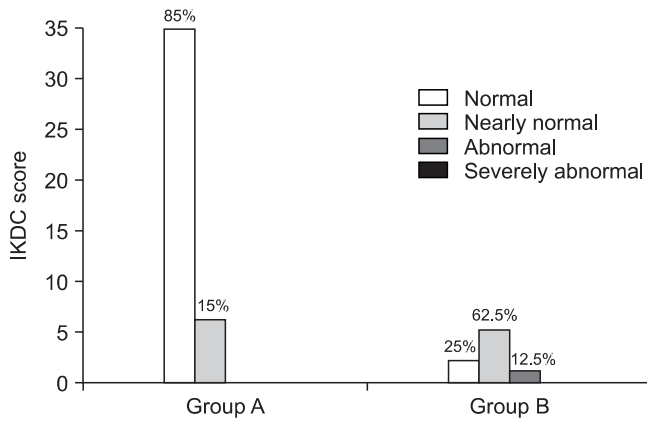


Figure 5. The comparison of IKDC score between Group A and B (Group A: tibial translation was within 5 mm on KT 2000 arthrometer with negative Pivot shift test, Group B: tibial translation was within 5 mm on KT 2000 arthrometer with positive Pivot shift test).

IKDC score는 정상 2예(25%), 거의 정상 5예(62.5%), 비정상 1예(12.5%)이었고, Lysholm score는 평균은 60.5 (55-90)점, excellent가 1예(12.5%) good이 4예(50%) fair가 3예(37.5%)로, Group A가 Group B에 비하여 유의하게 좋은 임상적 결과를 보였다(IKDC score:  $p$ -value=0.001, Lysholm score:  $p$ -value=0.0005) (Fig. 5, 6).

### 5. 방사선 사진 상의 대퇴 터널 각도

수술 후 대퇴 터널의 기울기와 회전 안정성의 회복과의 연관 관계를 알아보기 위해 최종 추시 시 knee tunnel view 방사선 사진을 시행하였다. 전방 안정성과 회전 안정성에서 모두 만족스러운 Group A는 평균 49.2° (41-58), 전방 안정성은 만족스러우나 회전 안정성이 불만족스러운 Group B는 평균 63.5° (55-69)로 두 그룹 간 의미 있는 차이를 보였다( $p < 0.05$ ) (Fig. 7).

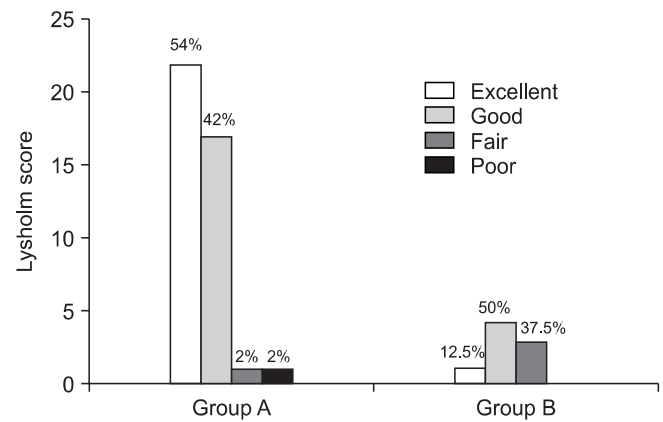


Figure 6. The comparison of lysholm score between Group A and B.

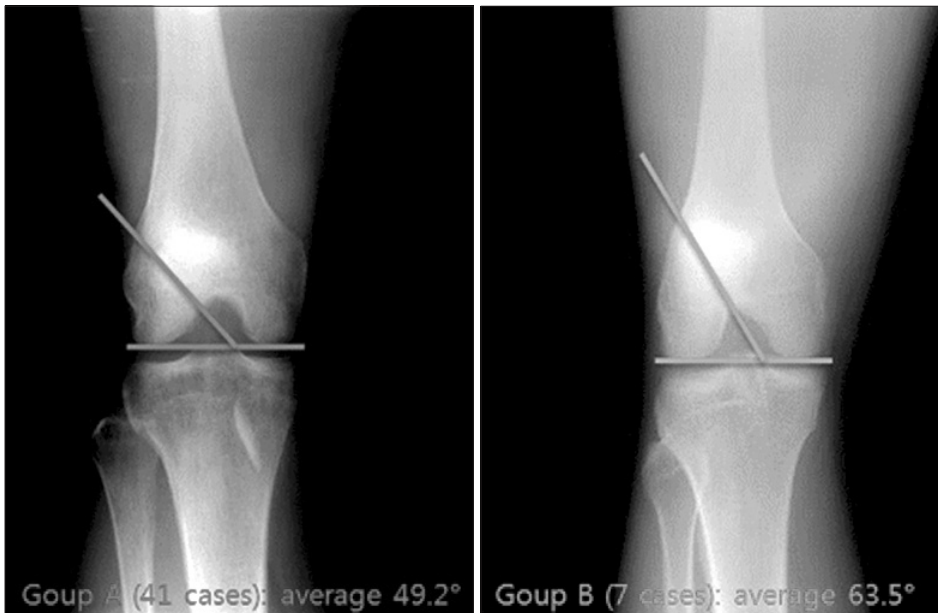


Figure 7. Group A shows more oblique placement of femoral tunnel than Group B.

## 고 찰

단일 다발 전방 십자 인대 재건술은 현재까지 흔히 사용되고 있는 고식적인 수술 방법으로 83%에서 95% 정도의 성공률이 보고되고 있으나 일부에서는 이중 다발 재건술 보다 낮은 치료 성공률을 보고하기도 하였는데,<sup>10,12,13)</sup> 이는 단일 다발 재건술 시 고식적인 11시 또는 1시 방향의 대퇴 tunnel은 전후방 안정성 회복에는 효과가 있으나 회전 안정성 회복에 큰 역할을 하지 못하는 것으로 설명되었다.<sup>3,5,14-16)</sup> 또한 단일 다발 재건술은 생체역학적인 연구에서도 정상의 전방 십자 인대가 가지고 있는 전내측 다발과 후외측 다발의 복합적인 기능을 모두 회복할 수 없고 특히 후외측 다발의 기능 회복에 취약하다고 알려져 있다.<sup>9,17,18)</sup> 하지만 최근 보고에 의하면 이중 다발 재건술은 술기상의 어려움이 있고, 대퇴 및 경골의 터널 수가 늘어남으로서 발생하는 문제점들이 있다고 보고되고 있으며, 아직도 정확한 터널 위치에 대한 이론이 존재하고 있기 때문에 이들에 대한 비교는 장기 추시를 통한 검증이 필요한 실정이다.<sup>19-23)</sup> Adachi 등<sup>19)</sup>은 2년 이상 추시한 이중 다발 전방 십자 인대 재건술의 결과를 보고하면서 이중 다발 재건술은 단일 다발 재건술과 전후방 안정성 및 고유 수용감각의 보존에 차이가 없다고 발표하였으며, 2009년 Markolf 등<sup>7)</sup>은 사체를 이용한 생체 역학적 연구에서 이중 다발 재건술이 단일 다발 재건술 비해 통계적으로 유의하게 차이를 보이는 결과가 없었다고 보고하였다.

전방 십자 인대 재건술 후 결과에 영향을 미치는 요소는 여러 가지가 있으나 이중 정확한 수술 기법을 통한 등척점의 재건이 술 후 전방 안정성 및 회전 안정성의 회복에 중요하며 이러한 전후방 및 회전 안정성의 회복이 전방 십자 인대 재건술 후 환자의 만족도 및 기능 회복에 좋은 영향을 미친다. 최근 단일 다발을 이용한 재건술 후 지속되는 회전 불안정을 보완하기 위한 연구가 진행되고 있으며 이러한 연구들의 보고에 의하면 단일 다발 재건술 시 대퇴 터널의 경사가 슬관절의 회전 안정성 회복에 중요한 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다.<sup>24)</sup> Scopp 등<sup>25)</sup>과 Loh 등<sup>24)</sup>은 관상면에서 대퇴골 터널의 경사가 10시 방향(우측 슬관절)에 가까울수록 슬관절의 회전 안정성 회복에 더 유리하며, 반면에 대퇴골 터널의 경사가 수직에 가까울수록 회전 안정성의 회복에 취약하다고 발표 하였으며, 이러한 경사각의 변화가 전후방 안정성에는 영향을 미치지 않았다고 보고하였다. Lee 등<sup>22)</sup>의 후향적 연구에서는 전방 십자 인대 재건술 후 Pivot shift 검사가 양성인 환자들이 음성적이었던 환자들에 비하여 좀 더 수직에 가까운 대퇴 터널 각도를 가지고 있었으며, 낮은 Lysholm 점수를 보였다고 발표하여 대퇴 터널의 위치 선정의 중요성을 강조하였다. 또한 Jepsen 등<sup>14)</sup>의 연구에서는 대퇴 터널의 경사를 10시 방향으로 교정 하였을 때 11시 방향에 비하여 수술 후 환자들의 주관적인 만족도가 의미 있게 향상 되어 대퇴 터널의 교정을 통하여 임상적 결과의

향상을 기대할 수 있다고 하였다. 저자들도 이러한 점에 착안하여, 경골 대퇴 터널(transtibial femoral tunnel)을 이용한 대퇴 터널의 형성 시 경골 터널의 방향에 따라 대퇴 터널이 결정된다는 사실에 염두에 두고 대퇴 터널의 경사각을 줄이기 위해 고식적인 술기보다 더 내측에서 경골 터널을 만들었다. 그 결과 많은 예에서 대퇴 터널의 방향이 관절경 상에서 10시 반 또는 1시 반 방향으로 교정되었다. 하지만 경골 터널의 위치를 내측에 위치시키게 되면 경골 터널의 시작부위가 근위부로 이동하게 되면서 경골 터널의 길이가 짧아 지는 문제점을 예상 할 수 있는데, 저자들의 경우 경골 터널의 위치를 내측으로 이동한 후 경골터널의 길이를 측정한 결과 대부분의 경우 25 mm 이상의 터널 길이를 확보할 수 있어 20 mm 이상의 생체 흡수형 간섭나사로 경골부 골편을 고정하는데 문제가 없었으며 또한 터널-이식건의 불일치가 일어나지 않도록 동종 골-슬개건-골의 경우 건의 길이가 30 mm 이하의 건을 사용하였고 자가건의 경우에는 경골 근위부 골편을 추가적으로 채취하여 이식건의 길이가 30 mm 이하가 되도록 하였다. 대퇴 터널의 각도의 교정에 따른 회전 안정성의 회복을 확인하기 위하여 본 연구에서는 knee tunnel view상에서 대퇴 터널의 각도를 측정하였고, 이 결과를 그룹별로 구분하여 비교해 보았다. 이식건의 실질적인 기울기는 경골 터널의 중심과 대퇴 터널 기시부의 중심을 연결하는 선으로 대변할 수 있으나 경골 터널을 이용하여 대퇴 터널을 만들 경우 대퇴 터널 가이드의 특성상 경골 터널의 중심과 대퇴 터널 기시부의 중심을 연결하는 선의 기울기가 대퇴 터널의 기울기와 일치하여 나타나므로 대퇴 터널의 기울기를 방사선 사진상 측정하였다. 물론 knee tunnel view 상의 대퇴 터널 각도가 실제 대퇴 터널의 각도와 차이가 있을 수 있으나, 실제 대퇴 터널 각도를 어느 정도 반영할 것이므로 두 그룹을 비교하는 정량적인 수치로는 의미가 있어 본 연구에서는 방사선 사진상의 대퇴 터널 기울기를 각 그룹의 이식건의 기울기를 비교하는 기준으로 사용하였다. 저자들의 결과는 Group A (KT-2000 관절계로 측정된 전방 전위 차이가 5 mm 이하이면서 Pivot shift 검사가 Grade 0)와 Group B (KT-2000 관절계로 측정된 전방 전위 차이가 안정성이 5 mm 이하이면서 Pivot shift 검사가 양성)의 대퇴 터널 각도를 비교해 보았을 때 Group A가 관상면에서 좀 더 경사도가 적었으며, 임상적 결과 또한 Group A가 더 좋은 것으로 나타나 대퇴 터널이 10시 방향에 가까울수록 회전 안정성 회복 및 기능 회복에 유리하다는 다른 연구 결과들과 일치하였다.<sup>22,24,25)</sup> 또한 회전 안정성의 회복은 전방 불안정성의 회복과 밀접한 관계가 있을 것으로 생각되며 저자들의 결과에서도 서로의 관계가 통계학적으로 의미 있는 상관 관계가 있음을 보여주었다. 즉 전방 불안정성이 회복되지 않은 예에서는 회전 안정성의 회복 또한 불량한 것으로 조사되어 전방 십자 인대 재건술시 정확한 수술 수기를 통한 재건 인대의 정확한 등척점의 선택이 전후방 안정성뿐만 아니라 회전 안정성의 회복에 중요한 인자의 하나로 사료된다.

이번 연구에서 저자들은 전방 십자 인대 재건술 후 회전 불안정성의 평가로 Pivot shift test를 사용하였다. Pivot shift test는 Meredick등의 연구와<sup>5)</sup> Yagi 등의 연구에서도<sup>8)</sup> 회전 불안정성의 평가 기준으로 Pivot shift를 사용하였을 뿐만 아니라, 최근 Pivot shift test에 대한 생체역학적 이해가 발전하면서 전방 십자 인대 손상이 있는 슬관절의 경골의 전방 전위 뿐만 아니라 회전 불안정성을 정량적으로 평가 할 수 있는 방법으로 생각되고 있다.<sup>26)</sup> Pivot shift 현상은 장경인대, 내측 측부 인대 등과 같은 연관된 연부 조직 손상이 영향을 미칠 수 있어 본 연구에서는 이러한 연부 조직 손상이 동반 된 경우는 연구 대상에서 제외하였으며, Pivot shift 검사를 정확하게 시행하기 위해서 저자들은 고관절을 충분히 외전시켜 장경인대를 이완 시킨 상태에서 외반력을 경골 근위부에 가하여 경골이 전방으로 아탈구 되도록 힘을 가하고, 반대편 손으로 동측의 족관절을 잡고 외회전 상태에서 내회전을 시키면서 동시에 슬관절은 신전시키도록 하였다. 하지만 Pivot shift 검사가 검사자에 의한 주관적인 판단에 의해 결정된다는 한계점이 있으므로 회전 불안정성에 대한 평가는 피부 감지기(skin sensor)와 전자기판(electromagnetic field) 등의 기기를 이용하여 좀 더 객관적인 평가 기준을 추가하고 장기 추시를 가지고 평가할 필요성이 있다.

전방 십자 인대 재건술 후 좋은 결과를 얻기 위한 다른 조건 중의 하나는 인대 재활관화를 통한 재건 인대의 생존이다. Lee 등<sup>27)</sup> 및 Ochi 등<sup>28)</sup>의 연구에 의하면 전방 십자 인대 경골 부착부의 잔존 연부 조직을 보존하면 기계적 수용체를 보존하여 위치 감각에 도움이 될 수 있으며, 이식건의 재 혈관화에 도움이 되어 이식건이 빠른 시일 내에 전방 십자 인대화될 수 있고, 수술 직후의 기계적 안정성을 향상시켜 더 빠른 재활 치료가 가능 할 것이라고 발표 하였다. 이러한 측면에서 이중 다발 전방 십자 인대 재건술은 경골 터널 부착부가 넓어 경골 부착부의 연부 조직 보존이 어려운 반면, 단일 다발 십자 인대 재건술은 경골 부착부 연부 조직 보존이 가능하여 재건술 후 성공률을 높이는데 유리하리라 생각되나 본 연구에서 저자들은 경골부의 전방 십자 인대의 보존이 임상 결과에 미치는 영향을 분석하지는 못하였다.

전방 십자 인대는 정상적으로 약 55도의 외측 비틀림(twisting)을 가지고 있는데, 이는 경골이 대퇴골에 대해서 내회전되어 있어 생기는 결과로 외측 대퇴골가 정리(clearance)되는 효과가 있어 대퇴골 과관 절흔과의 충돌을 감소시키는 효과를 얻을 수 있다고 알려져 있다.<sup>6,29)</sup> 골-슬개건-골을 이용한 전방 십자 인대 재건술은 경골부 골편을 90도 외회전 하여 고정함으로써 정상 비틀림에 가깝게 전방 십자 인대 재건술을 시행할 수 있다는 장점이 있어 본 연구에서도 전방 십자 인대의 정상 비틀림을 회복하기 위하여 경골부 골편을 90도 외회전 시켜 고정을 하였으며, 경우에 따라서는 이러한 이식건의 외회전이 이식건의 길이를 짧게 고정해줌으로써 골-슬개건-골 이식건 사용 시 발생할 수 있는 이식건-터널

의 불일치의 가능성을 줄일 수 있다.

## 결 론

골-슬개건-골을 이용한 관절경적 단일 다발 전방 십자 인대 재건술시 정확한 등척점의 재건을 통한 올바른 수술 수기가 수술 후 안정성의 회복에 중요하며, 이때 경골 터널의 시작 위치를 내측으로 교정하여 우측은 10시 30분 방향(좌측은 1시 30분 방향)의 대퇴 터널을 만들어 이식건의 경사를 줄인다면, 전방 안정성뿐만 아니라 회전 안정성 회복에도 좋은 결과를 얻을 수 있고 이에 따른 우수한 임상적 결과를 얻을 수도 있는 것으로 생각된다.

## 참고문헌

1. Amis AA, Dawkins GP. Functional anatomy of the anterior cruciate ligament. Fibre bundle actions related to ligament replacements and injuries. J Bone Joint Surg Br. 1991;73:260-7.
2. Zantop T, Herbort M, Raschke MJ, Fu FH, Petersen W. The role of the anteromedial and posterolateral bundles of the anterior cruciate ligament in anterior tibial translation and internal rotation. Am J Sports Med. 2007;35:223-7.
3. Aglietti P, Giron F, Cuomo P, Losco M, Mondanelli N. Single- and double- incision double bundle ACL reconstruction. Clin Orthop Relat Res. 2007;454:108-13.
4. Belzer JP, Freedman MJ. Cruciate ligament reconstruction using allograft tissue. In: McGinty HB ed. New York, Lippincott-Raven Press. 1996;551-72.
5. Meredick RB, Vance KJ, Appleby D, Lubowitz JH. Outcome of single-bundle versus double-bundle reconstruction of the anterior cruciate ligament: a meta-analysis. Am J Sports Med. 2008;36:1414-21.
6. Samuelson TS, Drez D Jr, Maletis GB. Anterior cruciate ligament graft rotation. Reproduction of normal graft rotation. Am J Sports Med. 1996;24:67-71.
7. Markolf KL, Park S, Jackson SR, McAllister DR. Anterior-posterior and rotatory stability of single and double-bundle anterior cruciate ligament reconstructions. J Bone Joint Surg Am. 2009; 91:107-18.
8. Yagi M, Kuroda R, Nagamune K, Yoshiya S, Kurosaka M. Double-bundle ACL reconstruction can improve rotational stability. Clin Orthop Relat Res. 2007;454:100-7.
9. Yamamoto Y, Hsu WH, Woo SL, Van Scyoc AH, Takakura Y, Debski RE. Knee stability and graft function after anterior

- cruciate ligament reconstruction: a comparison of a lateral and anatomical femoral tunnel placement. *Am J Sports Med.* 2004;32:1825-32.
10. Shelbourne KD, Nitz P. Accelerated rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 1990; 18:292-9.
  11. Rosenberg TD, Franklin JL, Baldwin GN, Nelson KA. Extensor mechanism function after patella tendon graft harvest for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 1992;20:519-26.
  12. Buss DD, Warren RF, Wickiewicz TL, Galinat BJ, Panariello R. Arthroscopically assisted reconstruction of the anterior cruciate ligament with use of autogenous patellar-ligament grafts. Results after twenty-four to forty-two months. *J Bone Joint Surg Am.* 1993;75:1346-55.
  13. Feller JA, Webster KE. A randomized comparison of patellar tendon and hamstring tendon anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2003;31:564-73.
  14. Jepsen CF, Lundberg-Jensen AK, Faunoe P. Does the position of the femoral tunnel affect the laxity or clinical outcome of the anterior cruciate ligament-reconstructed knee? A clinical, prospective, randomized, double-blind study. *Arthroscopy.* 2007; 12:1326-33.
  15. Kanamori A, Zeminski J, Rudy TW, Li G, Fu FH, Woo SL. The effect of axial tibial torque on the function of the anterior cruciate ligament: a biomechanical study of a simulated pivot shift test. *Arthroscopy.* 2002;18:394-8.
  16. Yasuda K, Kondo E, Ichiyama, Tanabe Y, Tohyama H. Clinical evaluation of anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction procedure using hamstring tendon grafts: comparisons among 3 different procedures. *Arthroscopy.* 2006; 22:240-51.
  17. 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.* 2001;17:708-16.
  18. Seon JK, Park SJ, Lee KB, Yoon TR, Seo HY, Song EK. Stability comparison of anterior cruciate ligament between double- and single-bundle reconstructions. *Int Orthop* 2009;33:425-9.
  19. Adachi N, Ochi M, Uchio Y, Iwasa J, Kuriwaka M, Ito Y. Recon-struction of the anterior cruciate ligament. Single-versus double-bundle multistranded hamstring tendons. *J Bone Joint Surg Br.* 2004;86:515-20.
  20. Bach BR Jr, Tradonsky S, Bojchuk J, Levy ME, Bush-Joseph CA, Khan NH. Arthroscopically assisted anterior cruciate ligament reconstruction using patellar tendon autograft. Five- to nine-year follow-up evaluation. *Am J Sports Med.* 1998;26:20-9.
  21. Harner CD, Poheling GG. Double bundle or double trouble? *Arthroscopy.* 2004;20:1013-34.
  22. Lee MC, Seong SC, Lee S, et al. Vertical femoral tunnel placement results in rotational knee laxity after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy.* 2007;23:771-8.
  23. 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.* 2007;23:618-28.
  24. Loh JC, Fukuda Y, Tsuda E, Steadman RJ, Fu FH, Woo SL. Knee stability and graft function following anterior cruciate ligament reconstruction: comparison between 11 o'clock and 10 o'clock femoral tunnel placement. 2002 Richard O'Connor Award paper. *Arthroscopy.* 2003;19:297-304.
  25. Scopp JM, Jasper LE, Belkoff SM, Moorman CT 3rd. The effect of oblique femoral tunnel placement on rotational constraint of the knee reconstructed using patellar tendon autografts. *Arthroscopy.* 2004;20:294-99.
  26. Lane CG, Warren R, Pearle AD. The pivot shift. *J Am Acad Orthop Surg.* 2008;16:679-88.
  27. Lee BI, Kwon SW, Kim JB, Choi HS, Min KD. Comparison of clinical results according to amount of preserved remnant in arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction using quadrupled hamstring graft. *Arthroscopy.* 2008;24:560-8.
  28. Ochi M, Adachi N, Deie M and Kanaya A. Anterior cruciate ligament augmentation procedure with a 1-incision technique: anteromedial bundle or posterolateral bundle reconstruction. *Arthroscopy.* 2006;22:463.e1-e5.
  29. Cooper DE, Deng XH, Burstein AL, Warren RF. The strength of the central third patellar tendon graft. *Am J Sports Med.* 1993;21: 818-24.



# Rotary Instability after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction with Single BTB Tendon

Myung-Ku Kim, M.D., Joo-Han Bae, M.D., and Jae-Ho Jung, M.D.  
*Department of Orthopedic Surgery, Inha University School of Medicine, Incheon, Korea*

**Purpose:** To analyze both the functional restoration and recovery of rotational and anterior-posterior stability after a single bundle ACL reconstruction using a BTB tendon.

**Materials and Methods:** A total of 52 patients were evaluated with an average follow up period of 32 months. A Lachman test, KT-2000 arthrometer, and Pivot shift test were performed to analyze the AP and rotational stability of the patients. The IKDC and Lysholm score was then used to evaluate the clinical results of the patients. The correlation between femoral tunnel angle and recovery of rotational stability was evaluated to determine the association between the two variables. This study also evaluated how the recovery of rotational stability affects the functional recovery of the patients.

**Results:** At the final follow up, the results indicated significant improvement according to the negative Lachman tests in 40 cases (76%), with an average of 2.92 mm anterior translation in the KT-2000 arthrometer and negative Pivot shift tests in 41 cases (79%) ( $p < 0.05$ ). The Lysholm and IKDC scores also showed significant improvement ( $p < 0.05$ ). Throughout the study, Group A was designated as those with  $< 5$  mm anterior translation and a negative Pivot shift test whereas Group B had positive test results. In Group A, the results showed 35 normal (85%), and 6 near normal (15%) cases in the IKDC score system, whereas Group B showed 2 normal (25%) and 5 near normal (62.5%) cases. Group A had an average of 89.3 in the Lysholm score system whereas Group B had a score of 60.5. On the knee tunnel view, Group A showed an average femoral tunnel angle of  $49.2^\circ$ , whereas Group B showed  $63.5^\circ$ .

**Conclusion:** Decreasing the inclination of the BTB tendon using a transtibial femoral tunnel angle at either  $10^\circ$  or  $15^\circ$  will result in an excellent clinical outcome by achieving both anterior and rotational stability when operating a single bundle ACL reconstruction.

**Key words:** rotational stability, single bundle ACL reconstruction, femoral tunnel, BTB tendon

**Received** April 30, 2009 **Accepted** November 17, 2009

**Correspondence to:** Myung-Ku Kim, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Inha University School of Medicine, 7-206, Sinheung-dong 3-ga, Jung-gu, Incheon 400-103, Korea

**TEL:** +82-32-890-3662 **FAX:** +82-32-890-3099 **E-mail:** m9kim@inha.ac.kr