

관절경 직접 시각화 아래 긴장도 조절 술기를 이용한 내측 슬개 대퇴인대 재건술의 만족스러운 방사선학적 임상적 결과

인제대학교 의과대학 상계백병원 정형외과학교실

손 수 인 · 최 정 윤

Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction Using Adjustable Tensioning under Arthroscopic Visualization Provides Satisfactory Radiographic and Clinical Outcomes

Sueen Sohn, Jung Yun Choi

Department of Orthopaedic Surgery, Inje University Sanggye Paik Hospital,
Inje University College of Medicine, Seoul, Korea

Purpose: Recurrent patellar dislocation required a surgical reconstruction of medial patellofemoral ligament (MPFL) in many cases. During MPFL reconstruction, over-tension of medial construct altered the patellofemoral kinematics which may result in pain, patellofemoral joint degeneration, or graft failure. Thus, it is important to confirm appropriate tension intraoperatively. The purpose of this study was to evaluate the clinical and radiographic outcomes of MPFL reconstruction with use of an adjustable tensioning under arthroscopic direct visualization of patellofemoral joint.

Methods: This retrospective study included 11 MPFL reconstructions (nine patients) from 2013 to 2020. All the patients received the same surgical procedures by a single surgeon. Final graft tension was determined after confirming patellar position to the trochlear groove at 60° knee flexion under arthroscopic exam. Patient demographics, pre- and postoperative radiographic results including congruence angle and Insall-Salvati ratio, and clinical outcomes were compared.

Results: The congruence angle was significantly changed from 32.8°±21.1° preoperatively to 8.4°±11.5° postoperatively (p=0.003), and the Insall-Salvati ratio was 1.16°±0.15° and 1.10°±0.13° respectively (p=0.02). Clinical scores were significantly improved between pre- and postoperatively; Kujala score (33.2±18.3 to 88.8±4.7, p=0.04), Lysholm score (30.2±15 to 79.0±5.2, p=0.005), and Tegner level (2.2±1.1 to 4.4±1.7, p=0.04). There was no recurrence of patellar dislocation.

Conclusion: MPFL reconstruction using adjustable tensioning under arthroscopic direct visualization could obtain satisfactory outcomes after surgery.

Keywords: Medial patellofemoral ligament, Reconstruction, Arthroscopy, Video-assisted surgery, Treatment outcome

Received: September 26, 2022 Revised: November 7, 2022 Accepted: December 28, 2022

Correspondence: Jung Yun Choi

Department of Orthopaedic Surgery, Inje University Sanggye Paik Hospital, Inje University College of Medicine, 1342 Dongil-ro, Nowon-gu, Seoul 01757, Korea

Tel: +82-2-950-1114, Fax: +82-2-950-1429, E-mail: cjortho@hanmail.net

Copyright ©2023 The Korean Society of Sports Medicine

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서론

내측 슬개 대퇴인대 재건술은 비수술적 치료에 효과적이지 않은 재발성 슬개골 탈구 환자들에게 최근 널리 시행되는 수술이다. 내측 슬개 대퇴인대는 슬관절의 초기 굴곡 시 슬개골이 외측으로 이동하려는 힘에 대해 일차적으로 저항하는 구조물이기 때문에 내측 슬개 대퇴인대가 파열되었거나 결손된 경우 만성적인 슬개골 불안정성이 나타날 수 있다. 재발성 슬개골 탈구는 뼈 모양의 이상이나 하지 회전 정렬의 이상, 또는 연부 조직의 변화 등에 기인할 수 있으나^{1,2}, 동반 또는 단독 내측 슬개 대퇴인대 재건술에서 우수한 결과들을 보고하고 있다³⁻⁵.

내측 슬개 대퇴인대 재건술에서 이식물의 장력과 길이는 집도의가 결정해야 하는데 이식전에 과긴장이 가해지면 부작용이 발생할 수 있다. 재건술에서 자주 사용되는 박근(gracilis)건이나 사두근(quadiceps)건은 생역학적 특성이 내측 슬개 대퇴인대보다 훨씬 강하기 때문에 수상 전 내측 슬개 대퇴인대와 동일한 운동학을 기대할 수는 없으며, 과긴장이 걸리게 되면 슬개골 내측 야탈구, 내측 슬개 대퇴 압박 증후군, 이식건 실패 등이 발생할 수 있다⁶. 과긴장을 주는 경우 짧은 길이의 이식건을 사용한 것과 같은 상태가 되는데, 이 경우 작은 무릎 굴곡 각도에서도 내측 슬개 대퇴 관절에 가해지는 압력이 많아져 장기적으로 관절 연골의 손상이나 전방 무릎 통증을 유발할 수 있다^{7,8}. 따라서 집도의는 내측 슬개 대퇴인대 재건술을 할 때 이식전에 과긴장이 가해지지 않도록 해야 한다.

적절한 이식건의 긴장도는 약 20°-30°의 슬관절 굴곡 상태에서 관절경 상 슬개골 외측 관절면의 약 25%가 활차 능선(ridge) 외측으로 위치한 상태로 널리 알려져 있다⁹. 하지만 내측 슬개 대퇴인대의 긴장도에는 대퇴 터널의 형성 위치, 이식건의 종류 및 고정 방법, 긴장 부하 정도 등과 같이 다양한 요인이 작용하고 개인별 차이가 있으며, 적절한 고정 각도에 대해서는 여러 의견이 있다^{9,10}. McCarthy 등¹⁰은 내측 슬개 대퇴인대 재건술 시 적절한 이식건 긴장도 또는 길이를 정하기 위해서 무릎 굴곡 60°에서 최종 이식건 고정을 하도록 권고했다. 내측 슬개 대퇴인대는 초기 30° 굴곡 동안 슬개골을 활차구로 안내하는 역할을 하지만 팽팽하게 유지되는 신체의 다른 인대들과는 다르다고 주장했다. 이에 기반하여 본 연구에서는 슬관절 60° 굴곡 각도에서 슬개골의 관절 능선이 활차에 진입하는 것을 관절경 상으로 직접 확인하여 긴장도를 최종 결정했다. 이 연구의 목적은 관절경 하 긴장도 조절 술기를 이용한 슬개대퇴인대 재건술을 소개하고, 재발성 슬개골 탈구 환자들에게 새로운 수술법을 시행한 후 영상학적, 임상적 결과를 보고하는 것이다.

연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 인제대학교 상계백병원 연구윤리위원회로부터 승인을 받아 진행하였으며 후향적 연구 특성상 서면 동의는 면제되었다(No. SGPAIK2022-10-009). 본 후향적 환자 사례군 연구는 2013년 9월부터 2020년 10월까지 본원 정형외과에서 단독 내측 슬개 대퇴인대 재건술을 시행 받은 9명 환자, 11예를 대상으로 하였다. 포함 기준은 재발성 슬개골 탈구를 진단받고 보존적 치료 또는 수술적 치료 후에 탈구가 재발한 환자, 관절경 시각화 아래 긴장도 조절 술식을 이용해 수술 받은 환자이다. 배제 기준은 내측 슬개 대퇴인대 재건술 이외에 골성 재정렬 수술을 시행한 경우, 경골조면-활차구(tibial tubercle-trochlear groove, TT-TG) 거리가 25 mm 이상인 경우, 수술 후 추시 기간이 1년 미만인 경우이다. 총 12예 중 경골 결절 이전술을 받은 1예를 제외하였다. 환자들의 평균 나이는 18.8세(범위, 15-22세), 평균 키는 170.0 cm (범위, 159.0-184.0 cm), 평균 몸무게는 70.1 kg (범위, 48.0-93.5 kg), 평균 체질량지수는 24.0 kg/m² (범위, 18.9-31.2 kg/m²)였다. 두 명의 환자는 시간 간격을 두고 양측 수술을 받았으며 재활을 고려하여 최소 4개월 이상의 간격을 두고 시행했다. 두 명의 환자는 이전에 내측 슬개 대퇴인대 봉합술을 시행 받았다 (Table 1).

Table 1. Demographics and preoperative data

Variable	Data
No. of cases/patients	11/9
Age (yr)	18.8±2.2 (15-22)
Male sex	7
Height (cm)	170.0±7.4 (159.0-184.0)
Weight (kg)	70.1±16.7 (48.0-93.5)
Body mass index (kg/m ²)	24.0±4.2 (18.9-31.2)
Injury mechanism	
Jumping/running	1/2
Slipping or pivoting	2
Congenital/minor trauma	5/1
Onset to surgery (mo)	28.0±26.7 (1-72)
Previous surgery	2 (MPFL repair, all)
Combined operation	
Lateral retinaculum release	4
Loose body removal	1
Graft, autograft/allograft	5/6

Values are presented as number only or mean±standard deviation (range).

MPFL: medial patellofemoral ligament.

2. 수술 방법 및 재할

모든 수술은 관절경 도움 하에 시행하였다. 모든 환자들은 한 명의 집도의에게 동일한 수술법을 이용해 수술 받았으며 동일한 프로그램을 따라 수술 후 재활 운동을 진행했다. 마취 후 양외위에서 대퇴부에 토니켓을 한 후 기본적인 관절경 검사를 시행하여 관절강 내 유리체 유무 및 기타 관절 연골 또는 연골판의 손상을 확인하고 적절히 치료했다. 자가건을 사용하는 경우 경골 조면 내측에 약 3 cm의 피부 종절개를 가한 후 봉공근 막 원위에 위치한 반건양건(semi-tendinosus tendon)을 찾아 건 분리기(tendon stripper)를 이용해 채취하였다. 슬개골 내측 경계에서 약 4 cm의 피부 종절개를 가한 후 연부 조직을 박리하여 내측광근과 내측 지대를 확보했다. 아래쪽의 관절 캡슐을 손상되지 않도록 주의하면서 내측 지대를 절개하고 무딘(blunt) 박리를 통해 내측 지대와 관절 캡슐 사이를 박리했다. 원위 대퇴골의 내전근 결절을 축지한 후 약 3 cm의 종절개를 가하고 연부 조직을 박리하여 내상과를 축지했다. 앞서 슬개골 내측에서 박리한 층을 따라 켈리 겸자를 삽입하여 내상과 주변까지 재건할 내측 슬개 대퇴인대의 통로를 확보했다. 방사선 투시 검사로 원위 대퇴골 정측면 사진을 보면서 내측 슬개대퇴 인대의 대퇴골 부착 위치를 결정하고 유도판을 통과시킨 후 대퇴터널을 이식건 고정에 필요한 길이보다 약 3 cm 더 길게 만들었다(Fig. 1). 슬개골 측면 및 전후방 방사선 투시 검사 하에 슬개골 근위 23 내에 2개의 횡방향 유도판

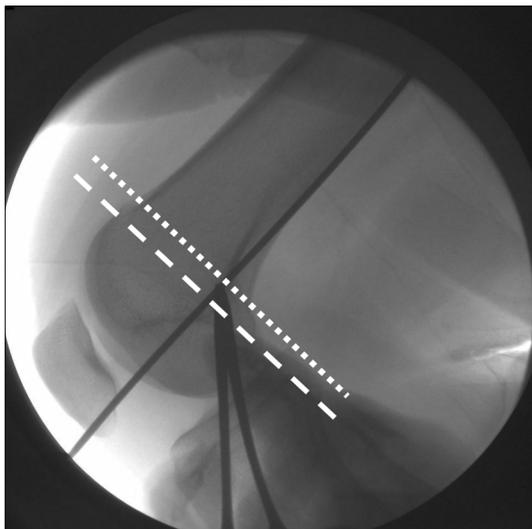


Fig. 1. Intraoperative fluoroscopic image of distal femur that determined the isometric femoral attachment site of medial patellofemoral ligament. Dotted line: vertical line from posterior femoral cortex, dashed line: the most posterior aspect of the Blumensaat line.

을 평행하게 삽입해 슬개 터널을 만들었다. 준비된 이식건의 양 끝단에 Ethibond 봉합사(Ethicon Inc.)를 이용해 Krackow 방법으로 봉합하고, 이식건을 반으로 접어 고리(loop)를 만들었다. 양 끝단을 각각 슬개 터널에 삽입한 후 간섭나사로 고정하였다. 이식건의 중간 고리에 선도(leading) 봉합사를 걸어 미리 확보한 이식건 통로를 통해 슬개 대퇴인대 대퇴골 부착 부위로 통과시켰다. 선도 봉합사를 대퇴 터널의 유도판을 따라 원위 대퇴골 외측으로 통과시켜 이식건을 대퇴 터널 내로 삽입한 후 외측 피부 위에서 켈리 겸자를 이용해 이식건을 적절한 긴장도에서 임시로 고정하였다. 관절경 직접 시각화 아래 긴장도를 결정하는 술기는 3단계로 시행했다. 1단계, 관절경을 상외측 삽입구로 삽입한 후 슬관절 완전 신전위에서 슬개골 외측 관절면의 약 1/4이 활차 능선 외측으로 전위되어 있는지 확인하였다. 2단계, 슬관절을 약 60° 굴곡할 때 슬개골이 활차에 적절히 진입하는지 직접 확인하였다(Fig. 2). 만약 재건한 이식건의 장력이 강해 슬개골이 내측에 치우치는 경우 선도 봉합사를 내측으로 느슨하게 풀어주고, 장력이 약해 슬개골이 지나치게 외측에 위치하는 경우 선도 봉합사를 외측으로 더 당겨서 슬개골이 적절히 활차에 진입되도록 조절했다(Fig. 3). 3단계, 적절한 긴장도를 결정한 후 약 10°-20° 굴곡 자세에서 슬개골을 외측으로 밀었을 때 약 1 cm 정도 이동할 수 있는 여유가 있는지 확인하면, 다시 60° 굴곡 상태에서 간섭나사를 이용해 대퇴 터널 내 이식건을 최종 고정했다.

수술 후 슬개골 보조기를 착용하고 지속적 수동운동(continuous passive motion)을 이용해서 초기 관절운동범위 운동을 시작했고, 1주째에 90°, 2주째에 120°까지 허용했다. 수술 직후부터 대퇴사두근 강화 운동, 직하지 거상 운동을 시행하였고 목발을 이용해서 전 체중 부하 보행을 허용했다. 스포츠 활동은 근육과 기능 회복을 위해 수술 후 3개월 동안 제한하였다.

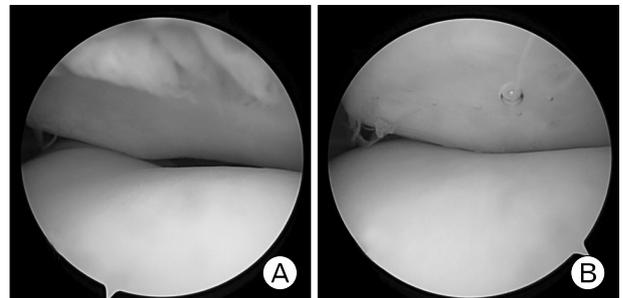


Fig. 2. Arthroscopic images during the 2nd step of tension adjustment. (A) Knee flexion of 30° at which angle lots of conventional studies recommended for final fixation of graft, showing insufficient patellar engagement. (B) Knee flexion of 60° showing sufficient patellar engagement.

3. 영상의학적 평가

영상의학적 평가는 하지 정렬 축, 슬개골과 활차의 형태, 하지의 회전 상태, 그리고 슬개골의 위치 관계를 측정했다. 수술 전 기립 하지 전장 방사선 검사에서 고관절-슬관절-발목관절(hip-knee-ankle, HKA) 각도를 측정했는데, 음수는 내반, 양수는 외반을 나타낸다. Merchant 영상 검사를 통해서 슬개골 또는 활차의 이형성을 평가했으며, 활차의 형태 측정을 위해 고랑(sulcus) 각을 측정했다^{11,12}. 하지 회전 상태 측정을 위해 TT-TG 거리를 컴퓨터 단층촬영 검사의 가로(axial) 영상을 이용해 측정했다. 이것은 대퇴골 활차 최심부에 대해서 경골조면 최전방부의 외측 치우침 정도를 가리키며 슬개 대퇴관절 이상 평가에 있어 중요한 지표다¹³. 슬개골 위치는 Merchant 영상에서의 congruence 각(내외측 활차 능선의 최전방부와 활차구의 최심부를 연결한 각을 이분하는 선이 활차구 최심부에서 슬개골 최심부 관절 능선을 연결한 선과 이루는 각도), 슬개골 경사(tilt) 각(내외측 활차 능선 최전방부를 잇는 선과 슬개골 가장 넓은 구획을 지나는 선이 이루는 각도), 슬개골 전위(displacement) 거리(내외측 활차 능선 최전방부를

잇는 선에서 수직으로 활차구 최심부와 슬개골 최심부 관절 능선을 연결한 두 개 선 사이의 거리) (Fig. 4), 그리고 측면 영상에서 Insall-Salvati 비(ISR)를 측정했다¹⁴. 모든 방사선학적 측정은 영상 저장 및 전송체계 프로그램(M-View; Marotech)의 각도 및 거리 자동 측정 도구를 이용했다.

4. 임상적 평가

임상적 평가는 수술 후 1년째 외래에서 시행 후 1년 단위로 시행했다. 불안감 검사(apprehension test)는 환자가 양와위에서 다리를 신전하고 긴장을 풀게 한 후 검사자가 엄지를 이용해 슬개골을 충분히 외측으로 밀어낼 때 환자가 불편감이나 염려를 보이는지를 측정했다. 수술 후 무릎관절의 기능적 결과 평가를 위해서 Kujala, Lysholm, Tegner 점수를 측정했다.

5. 통계 분석

수술 전후 측정값의 변화를 측정하기 위해 congruence 각, 슬개골 경사각과 전위 거리, ISR과 같은 연속형 변수는 Wilcoxon signed-rank test를 시행했다. 모든 통계 분석은 IBM SPSS version 21.0 (IBM Corp.)을 이용했으며 통계적 유의 수준이 0.05 미만인 경우 통계적 의의가 있다고 판정했다.

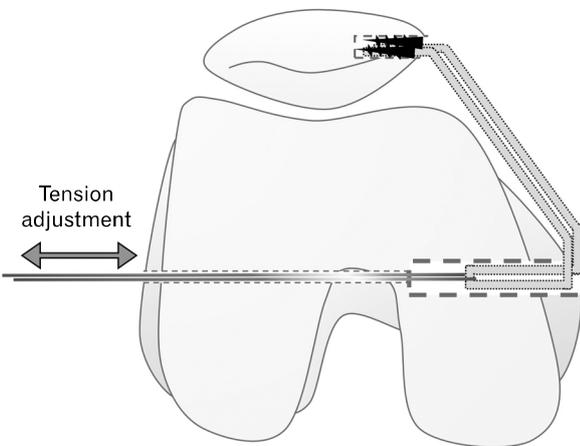


Fig. 3. An illustration depicting surgical procedures and tension adjustment method.

Table 2. Preoperative radiographic characteristics

Variable	Data
HKA angle (°), valgus	1.0±2.0 (-3.1 to 3.8)
Sulcus angle (°)	144.3±9.9 (130.0-164.0)
Trochlear dysplasia, type A/B/C/D	0/3/8/0
Patellar dysplasia, type I/II/III	0/4/7
TT-TG distance (mm)	16.9±4.0 (9.0-22.0)

Values are presented as mean±standard deviation (range) or number only.

HKA: hip-knee-ankle, TT-TG: tibial tuberosity to trochlear groove.

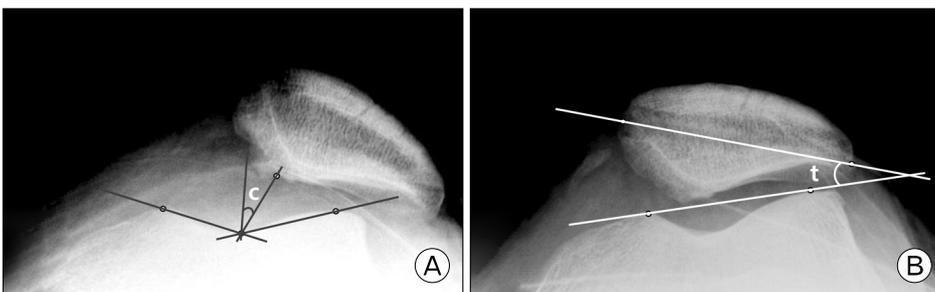


Fig. 4. The Merchant view of (A) pre- and (B) postoperative radiographs. Angle c indicates congruence angle and angle t indicates patellar tilt.

결 과

수술 전 영상학적 평가에서 평균 HKA 각은 외반 $1.0^{\circ} \pm 2.0^{\circ}$ (범위, -3.1° to 3.8°)였고 1예에서만 내반 정렬을 보였다. 평균 고랑 각은 144.3° 이며 8예에서 145° 이상이었다. 활차와 슬개골 이형성이 전 예에서 관찰되었다. 평균 TT-TG 거리는 16.9 mm였고, 20 mm 이상은 2예에서 관찰되었다(Table 2).

평균 슬개골 경사각은 수술 전 $23.9^{\circ} \pm 5.9^{\circ}$ 에서 수술 후 $17.6^{\circ} \pm 5.5^{\circ}$ 로 감소했으며 평균 congruence 각은 수술 전 평균 $32.8^{\circ} \pm 21.1^{\circ}$ 로 매우 증가되어 있었고, 수술 후에는 평균 $8.4^{\circ} \pm 11.5^{\circ}$ 를 보여 평균 약 24° 가 교정되었다. 평균 슬개골 전위 거리는 수술 전 12.1 ± 4.7 mm에서 수술 후 8.5 ± 4.8 mm로 감소했다. ISR는 수술 전후 모두 평균 1.2 이하로, 정상 수치였다(Table 3).

평균 Kujala, Lysholm, Tegner 점수는 모두 수술 전에 비해 통계적으로 유의하게 증가했다. Bilateral surgery를 받은 1명에서 격렬한 운동 시 가끔 전방 무릎 통증을 호소했다. 수술 후 불안감 검사 양성 환자는 없었고 탈구의 재발은 관찰되지 않았다(Table 4).

고 찰

이 연구를 통해 관절경 시각화 하 긴장도 조절 술기를 통한 내측 슬개 대퇴인대 재건술은 우수한 영상학적 임상적 결과를 보임을 알 수 있다. 재건술 후 발생할 수 있는 이식건의 과긴장을 예방하기 위해서 약 60° 무릎관절 굴곡 위치에서 슬개골이 활차에 적절히 진입하는지를 관절경으로 직접 확인했다. 긴장도 조절이 필요한 경우 충분한 길이로 확보한 대퇴 터널을 이용해 이식건

선도 봉합사를 죄거나 풀어주는 방법으로 쉽게 조절할 수 있었다. 무릎 굴곡 상태에서 적절한 긴장도를 결정하고 난 뒤에는 다시 무릎 신전 위에서 슬개골을 외측으로 전위시키는 힘을 가해서 슬개골의 외측 이동 여유가 있는지 확인했다. 슬개 대퇴인대 재건술 후 영상학적 지표뿐만 아니라 임상적 결과들도 유의하게 호전되었으며 지속적인 무릎 통증이나 슬개골 탈구가 재발한 경우는 없었다.

슬개 대퇴인대 재건술 시행 시 이식건 긴장도에 영향을 미칠 수 있는 요인은 대퇴 터널의 형성 위치, 이식건의 종류 및 고정 방법, 긴장 부하 정도 등이 있다. 대퇴 터널의 위치는 매우 중요한 요소인데 원래의 해부학적 위치보다 근위 또는 원위에 위치하는 경우 모두 슬개 대퇴관절 압력과 슬개골 경사에 영향을 미친다. 현재는 Schöttle 등¹⁵의 방법이 정립된 방법으로서 인정받고 널리 사용되고 있으며, 우리 연구에서도 정확한 대퇴 터널 위치를 형성하기 위해 진측면 방사선 영상을 이용해 신중하게 결정했다. 이식건의 종류는 타 요인에 비해 그 중요성이 비교적 덜 하다고 알려져 있으며 박근, 대퇴사두근, 대퇴근막긴장근(tensor fasciae latae) 모두에서 우수한 결과를 보였다⁸. 자가건과 동종건 모두 수술 후 우수한 결과를 보였지만, 생존율은 동종건에서 조금 더 우수한 경향이 보고됐다^{16,17}. 긴장 부하 정도는 이식건을 고정할 때 어느 정도의 긴장도를 줄 것인지의 문제인데, 많은 연구에서 약 20° - 30° 슬관절 굴곡 자세에서 관절경 소견상 슬개골 외측 관절면의 1/4 정도가 활차 능선 외측으로 위치하는 것을 허용할 수 있는 정도로 보고했다⁹. 이 방법은 내측 슬개 대퇴인대가 완전 신전 위에서 약 30° 굴곡이 될 때까지 슬개골 외측 전위를 막는 데에 주요한 기능을 하며 그때 최대의 부하가 작용한다는

Table 3. Pre- and postoperative radiographic outcomes regarding patellar positions

Variable	Preoperative	Postoperative	p-value
Congruence angle (°)	32.8 ± 21.1 (13.1–76.0)	8.4 ± 11.5 (–10.0 to 22.1)	<0.05
Patellar tilt (°)	23.9 ± 5.9 (18.5–35.6)	17.6 ± 5.5 (8.4–24.4)	<0.05
Patellar displacement (mm)	12.1 ± 4.7 (5.4–20.4)	8.5 ± 4.8 (0–16.2)	<0.05
Insall-Salvati ratio	1.16 ± 0.15 (0.96–1.40)	1.10 ± 0.13 (0.94–1.34)	<0.05

Values are presented as mean±standard deviation (range).

Table 4. Pre- and postoperative clinical outcomes

Variable	Preoperative	Postoperative	p-value
Kujala score	33.2 ± 18.3 (12–52)	88.8 ± 4.7 (84–95)	<0.05
Lysholm score	30.2 ± 15 (10–55)	79.0 ± 5.2 (72–85)	<0.05
Tegner level	2.2 ± 1.1 (1–4)	4.4 ± 1.7 (3–7)	<0.05

Values are presented as mean±standard deviation (range).

연구에 기반하고 있다¹⁸. 하지만 특정 굴곡 정도를 최적 표준으로 보는 것에는 여러 가지 우려가 있다. 이식건 고정 시 이상적인 무릎의 굴곡 각도에 대해서는 여러 다른 의견이 존재하고, 슬개골 안정성에 여러 인자가 영향을 미치며 이것은 개인별 차이가 있을 가능성이 있으며, 활차 이형성 형태에 따라서 슬개골이 활차에 진입하는 각도에 차이가 있을 수 있기 때문이다^{19,21}. 본 연구의 저자들은 60° 정도의 굴곡 각도에서 슬개골이 활차에 진입하는 정도의 긴장도가 이식건을 고정하기에 더 적합하다고 판단했다. 그 이유는, 긴장도 결정 1단계를 확인한 후 무릎 굴곡을 하면서 관절경으로 직접 슬개 대퇴관절을 관찰했을 때, 널리 알려진 바와 다르게 약 20°-30° 무릎 굴곡에서는 슬개골이 활차에 충분히 진입하지 않았기 때문이다. 대부분의 환자에서 슬개골 또는 활차에 이형성이 존재하기 때문에, 정상적인 무릎관절에서처럼 약 30° 굴곡에서 슬개골이 활차에 진입 및 접촉하면서 내측 슬개 대퇴인대의 부하가 가장 작아지는 효과를 기대하기 힘들다. 또한 반복적인 슬개골 탈구 병력은 내측 슬개 대퇴인대 이외 슬개골 주변 연부 조직(슬개-반월판 인대, 내측 지대, 내측 슬개-경골 인대 등)의 이완도 또한 높이기 때문에 고정 시에 일관된 긴장도를 주기가 더욱 어렵다¹⁸. 탈구가 흔히 약 20° 굴곡 위에서 발생한다는 것을 고려할 때 30° 굴곡 위치에서 추가적인 긴장을 가해 슬개골을 활차에 진입시켜 고정하는 것은 탈구 예방에 조금 더 효과적일 수도 있으나²², 내측 슬개 대퇴인대의 부하가 완전 신전위 또는 굴곡 각도가 커지면서 다시 증가하는 것을 고려할 때 이식건의 과긴장이나 이식건 실패의 위험이 있다고 생각한다²³. 한편 네비게이션을 이용한 사체 생역학 연구에서 내측 슬개 대퇴인대 절단 시 슬개골의 외측 이동의 증가는 60° 굴곡위에서 가장 크다고 보고하여, 60° 굴곡 위에서의 내측 슬개 대퇴인대의 역할 또한 중요함을 알 수 있다²¹. 뿐만 아니라 McCarthy 등¹⁰은 적절한 이식건 긴장도 또는 길이를 결정하는 방법으로 60° 굴곡 위에서 슬개골이 활차 중앙에 왔을 때 최종 고정하는 법을 제시했다. 60° 굴곡 위 고정이 일률적으로 이상적 표준이 아닐 수 있으나, 향후 정상적인 무릎관절뿐만 아니라 탈구가 이환된 병변을 이용한 생역학 연구가 필요할 것이다.

이식건의 긴장도와 길이를 조절하기 위해 대퇴 터널을 추가 길이만큼 천공(drill)하는 것은 매우 편리한 방법이다. 한 연구에서 긴장도 조절을 위해 이식건을 대퇴골에 고정할 때 TightRope (Arthrex) 를 사용하는 술기를 소개했는데, TightRope는 한 번 조인 후에는 다시 느슨하게 할 수 없다는 단점이 있다²⁴. 대퇴골 부착부에 터널 대신 봉합 고정나사(suture anchor)를 쓰는 방법은 이식건의 길이 조절을 더욱 어렵게 한다. 슬개골에서 골 터널 길이를 조절하기에는 슬개골이 너무 작으며, 슬개골 터널을 두

개 형성하는 술기를 사용하는 경우 합병증 위험이 더 커진다. 슬개골에서 골 터널이 아닌 연부 조직 고정을 하는 경우에는 긴장도를 측정하고 조절하기 위해 임시 고정을 하기가 용이하지 않다. 우리 연구에서는 이식건의 양 끝 단을 슬개골에 먼저 고정 후 대퇴골 터널에 삽입한 이식건의 고리에 걸린 선도 봉합사를 무릎 외측 면에서 당김으로써 최종 긴장도를 조절했는데, 이 방법은 술기가 직관적이고 슬개골의 주행을 보기 위한 임시 고정이 용이하고 추가적인 긴장도 조절을 위해 번거로운 조작이 필요하지 않은 장점이 있다.

내측 슬개 대퇴인대 재건술의 결과를 보고하는 많은 연구들에서 방사선학적 결과보다는 기능적 점수, 통증, 재탈구와 같은 임상적 결과를 더 중요하게 보고하고 있다^{25,26}. 이는 슬개골 주행의 복잡성과 단일 방사선 사진에서의 측정값이 가지는 오차 가능성 때문일 것이다. 그럼에도 불구하고 수술 술기가 다른 경우에는 기본적인 방사선학적 측정값을 비교해보는 것은 중요하다. 본 연구에서 측정된 평균 congruence 각은 양수로서 슬개골의 관절면 능선이 활차 고랑 각의 이분 선보다 외측에 위치하는 것으로 나타났는데 이는 congruence 각이 음수를 보이는 타 연구들과 다른 점이다^{27,28}. 우리는 60° 각도에서 슬개골이 활차의 중심부로 진입하는 지점에 최종 고정을 했기 때문에 그보다 적은 무릎 굴곡 각도에서 촬영한 Merchant 영상에서는 슬개골이 외측으로 위치하게 된 것으로 판단한다. 위에서 언급한 연구들에서는 이식건 최종 고정을 각각 무릎 굴곡 30°, 45°에서 시행했다. 외측에 위치한 congruence 각은 이식건의 긴장도가 부족한 것으로 추정할 수도 있겠으나 슬개골 경사는 타 연구들과 비슷하고^{27,29} 임상적 결과도 우수하게 관찰되었기 때문에, 그 결과값의 해석과 수술 후 congruence 각의 측정을 최종 고정 각도에서 시행해야 하는지는 앞으로 연구가 필요한 부분으로 생각한다.

본 연구는 몇 가지 제한점들이 있다. 먼저 연구 사례 숫자가 작고 자가진과 동종건을 사용한 사례들을 함께 분석했고 외측 지대 유리술을 일부에서 시행했다. 따라서 이번 연구 결과만으로 우리의 수술 방법이 충분한 신뢰성과 재현성을 가진다고 주장할 수는 없으나, 우수한 임상 결과를 보고했고 자세한 기술이 부족한 이전 여러 연구들과는 달리 긴장 부하 정도 결정 방법에 대한 수술 술기를 구체적으로 제시했다. 이 수술 술기는 비교적 간단하고 오류의 위험성이 낮아 향후 더 많은 연구가 시행될 것으로 믿는다. 또한 환자들의 평균 추시 기간이 비교적 짧다. 슬개골 탈구의 재발이나 전방 무릎 통증과 같은 합병증에 대해서는 장기간 추시가 필요하다. 장기 임상적 결과가 이 수술 술기의 유효성과 신뢰성에 대한 근거를 마련해 줄 수 있을 것이다. 한편, 전통적으로 경골 조면 절골술의 적응증이 되는 TT-TG 거리가 20 mm 이상인

환자가 두 명 포함되어 있다. 경골 조면 절골술의 동반 시행 효과에 대해서는 논란이 있고³⁰ 본 저자 또한 그 기준이 절대적 적응증이 될 수 있는지 의문이 있으며, 두 사례 모두에서 TT-TG는 22 mm로 측정되어 본 연구에서는 단독 인대 재건술만을 시행했다. 마지막으로 기존의 수술 방법과의 대조군 비교가 이뤄지지 않았다. 두 개의 슬개골 터널에 간섭나사 고정을 하면서 대퇴 터널에 이식된 고정을 할 때 고식적 긴장 부하 방법을 활용하는 군과의 비교가 향후 필요할 것이다.

결론으로, 내측 슬개 대퇴인대 재건술 시에 이식건의 과긴장을 예방하기 위해 집도되는 늘 주의해야 한다. 추가 연구가 필요하지만, 직접 관절경 시각화 아래 긴장도 조절 술식을 이용하여 시행한 내측 슬개 대퇴인대 재건술은 만족스러운 방사선학적 결과와 우수한 임상적 결과를 보여주었다.

Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

ORCID

Sueen Sohn <https://orcid.org/0000-0001-9753-5412>

Jung Yun Choi <https://orcid.org/0000-0001-6652-7380>

Author Contributions

Conceptualization, Methodology, Supervision: JYC. Formal analysis, Investigation: SS. Writing—original draft: SS. Writing—review & editing: all authors.

References

- Dejour H, Walch G, Neyret P, Adeleine P. Dysplasia of the femoral trochlea. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 1990;76:45-54.
- Dejour H, Walch G, Nove-Josserand L, Guier C. Factors of patellar instability: an anatomic radiographic study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1994;2:19-26.
- Shatrov J, Viialla T, Sappey-Mariniere E, et al. At 10-year minimum follow-up, one-third of patients have patellofemoral arthritis after isolated medial patellofemoral ligament reconstruction using gracilis tendon autograft. *Arthroscopy* 2023;39:349-57.
- Repo JP, Uimonen MM, Nevalainen MT, et al. Outcomes following the operative treatment of intra-articular fracture combined with medial patellofemoral ligament reconstruction after patellar dislocation. *Knee Surg Relat Res* 2022; 34:21.
- Dong Z, Xu C, Yan L, Liu J, Wang F. Isolated medial patellofemoral ligament reconstruction is valid to stabilize patellofemoral joint but uncertain to reduce patellar height in setting of lateral patellar dislocation and patella alta. *Arch Orthop Trauma Surg* 2022 Apr 1 [Epub]. <https://doi.org/10.1007/s00402-022-04429-x>
- Thaunat M, Erasmus PJ. Management of overtight medial patellofemoral ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2009;17:480-3.
- Elias JJ, Cosgarea AJ. Technical errors during medial patellofemoral ligament reconstruction could overload medial patellofemoral cartilage: a computational analysis. *Am J Sports Med* 2006;34:1478-85.
- Stephen JM, Kittl C, Williams A, et al. Effect of Medial patellofemoral ligament reconstruction method on patellofemoral contact pressures and kinematics. *Am J Sports Med* 2016; 44:1186-94.
- Feller JA, Richmond AK, Wasiak J. Medial patellofemoral ligament reconstruction as an isolated or combined procedure for recurrent patellar instability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2014;22:2470-6.
- McCarthy M, Ridley TJ, Bollier M, Wolf B, Albright J, Amendola A. Femoral tunnel placement in medial patellofemoral ligament reconstruction. *Iowa Orthop J* 2013;33:58-63.
- Dejour D, Le Coultre B. Osteotomies in patello-femoral instabilities. *Sports Med Arthrosc Rev* 2007;15:39-46.
- Wibeeg G. Roentgenographs and anatomic studies on the femoropatellar joint: with special reference to chondromalacia patellae. *Acta Orthop Scand* 1941;12:319-410.
- Song EK, Seon JK, Kim MC, Seol YJ, Lee SH. Radiologic measurement of tibial tuberosity-trochlear groove (TT-TG) distance by lower extremity rotational profile computed tomography in Koreans. *Clin Orthop Surg* 2016;8:45-8.
- Insall J, Salvati E. Patella position in the normal knee joint. *Radiology* 1971;101:101-4.
- Schöttle PB, Schmeling A, Rosenstiel N, Weiler A. Radiographic landmarks for femoral tunnel placement in medial patellofemoral ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 2007; 35:801-4.
- Aliberti GM, Kraeutler MJ, Miskimin C, Scillia AJ, Belk JW, Mulcahey MK. Autograft versus allograft for medial patello-

- femoral ligament reconstruction: a systematic review. *Orthop J Sports Med* 2021;9:23259671211046639.
17. Hendawi T, Godshaw B, Flowers C, Stephens I, Haber L, Waldron S. Autograft vs Allograft comparison in pediatric medial patellofemoral ligament reconstruction. *Ochsner J* 2019;19:96-101.
 18. Desio SM, Burks RT, Bachus KN. Soft tissue restraints to lateral patellar translation in the human knee. *Am J Sports Med* 1998;26:59-65.
 19. Nomura E, Horiuchi Y, Kihara M. Medial patellofemoral ligament restraint in lateral patellar translation and reconstruction. *Knee* 2000;7:121-7.
 20. Smirk C, Morris H. The anatomy and reconstruction of the medial patellofemoral ligament. *Knee* 2003;10:221-7.
 21. Zaffagnini S, Colle F, Lopomo N, et al. The influence of medial patellofemoral ligament on patellofemoral joint kinematics and patellar stability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2013;21:2164-71.
 22. Nomura E, Inoue M, Osada N. Anatomical analysis of the medial patellofemoral ligament of the knee, especially the femoral attachment. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2005;13:510-5.
 23. Amis AA, Firer P, Mountney J, Senavongse W, Thomas NP. Anatomy and biomechanics of the medial patellofemoral ligament. *Knee* 2003;10:215-20.
 24. Luczak SB, Stelzer JW, Fitzsimmons KP, Pace JL. Medial patellofemoral ligament reconstruction and lateral retinacular lengthening from a lateral approach. *Arthrosc Tech* 2021;10:e987-94.
 25. Zimmermann F, Milinkovic DD, Börtlein J, Balcarek P. Revision surgery for failed medial patellofemoral ligament reconstruction results in better disease-specific outcome scores when performed for recurrent instability than for patellofemoral pain or limited range of motion. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2022;30:1718-24.
 26. Migliorini F, Oliva F, Maffulli GD, et al. Isolated medial patellofemoral ligament reconstruction for recurrent patellofemoral instability: analysis of outcomes and risk factors. *J Orthop Surg Res* 2021;16:239.
 27. Shimizu R, Sumen Y, Sakaridani K, Matsuura M, Adachi N. Middle-to long-term outcome after medial patellofemoral ligament reconstruction with Insall's proximal realignment for patellar instability. *Asia Pac J Sports Med Arthrosc Rehabil Technol* 2019;17:5-9.
 28. Kim TS, Kim HJ, Ra IH, Kyung HS. Medial patellofemoral ligament reconstruction for recurrent patellar instability using a gracilis autograft without bone tunnel. *Clin Orthop Surg* 2015;7:457-64.
 29. Basso M, Arnaldi E, Tamini J, Bruno AA. Medial patellofemoral ligament reconstruction with autologous gracilis tendon: clinical and radiological outcomes at a mean 6 years of follow up. *Knee* 2021;33:252-9.
 30. Vivekanantha P, Kahlon H, Cohen D, de Sa D. Isolated medial patellofemoral ligament reconstruction results in similar postoperative outcomes as medial patellofemoral ligament reconstruction and tibial-tubercle osteotomy: a systematic review and meta-analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2022 Oct 10 [Epub]. <https://doi.org/10.1007/s00167-022-07186-x>