

잔류조직보존술을 이용한 전방십자인대 재건술과 잔류조직을 제거한 재건술에 따른 근력과 고유수용감각의 비교

성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 재활의학과 스포츠의학실

김 도 경 · 박 원 하

Proprioceptive and Strength Comparison of Remnant Preserved versus Conventional Anterior Cruciate Ligament Reconstruction

Do Kyung Kim, PhD, ATC, Won Hah Park, MD, PhD

Division of Sports Medicine, Department of Physical Medicine and Rehabilitation,
Samsung Medical Center, SungKyunKwan University School of Medicine, Seoul, Korea

Reconstruction of the anterior cruciate ligament (ACL) restores knee stability. The remnant preserving technique was developed to preserve mechanoreceptor function, promote revascularization and facilitate ligamentation. The purpose of this study was to analyze the clinical results of ACL reconstruction with remnant preserving. Between October in 2008 and September in 2009, 40 patients underwent ACL reconstruction using auto graft-hamstring tendon. On the basis of the ACL's condition patients were divided into 2 groups. In the trial group (preserved remnant group, PRG; n=20), there were 20 males with an average age of 26.2 years. In the control group (no remnant group, NRG; n=20) were 20 males with an average of age 27.1 years. We measured concentric peak torque of the knee extensors and flexors at 60°/s and 180°/s on an Isokinetic dynamometry. Proprioceptive functions have been assessed using Joint position sense and threshold to detection of passive motion. Dynamic postural stability was measured as a stability index in the anterior-posterior and medial-lateral planes with the Biodek Stability System. All tests were measured post-operative 1year. We found significant difference between the PRG and NRG for Joint position sense at 15° (2.40°±1.00° vs. 3.36°±0.95°; p=0.0145) and threshold to detect passive motion at 45° (2.02°±0.59° vs. 3.12°±0.94°; p=0.0213). But, we found no significant difference between the groups for the test results of the dynamic postural stability and knee strength. Therefore, preservation of the remnant ACL reconstruction is helpful in preserving the proprioception and function to stabilize the knee.

Key Words: Anterior cruciate ligament, Remnant preservation, Proprioception

서 론

접수: 2011-8-26 수정: 2011-11-2 승인: 2011-11-14
책임저자: 박 원 하
135-710, 서울시 강남구 일원동 50번지
삼성서울병원 스포츠의학실
Tel: 02-3410-3846, Fax: 02-3410-6688
E-mail: hrmax1@naver.com

슬관절 손상 중에서도 전방십자인대(anterior cruciate ligament, ACL)손상은 비교적 흔하게 발생된다¹⁾. 이에 따라 전방십자인대 손상 시 다양한 수술법, 비수술적 치료 그리고 손상 정도에 따른 재활 운동방법 등 다양한 분야에서 연구가 진행되고 있다. 하지만, 전방십자인대의 완전 파열의 경우에는 슬관

절의 불안정성(knee joint instability)과 퇴행성 변화를 감소시키기 위해 전방십자인대 재건술을 통한 기계적, 구조적 결합을 해결하는 것이 임상적으로 우수한 결과를 보이고 있다²⁾.

일반적으로 전방십자인대 재건술에서는 슬관절 신전 시 절흔의 지붕(notch of roof)에 인대 절단(stump)의 충돌 가능성 때문에 전방십자인대 잔류물을 완전히 제거하여 시행하였다. 하지만 정상적인 전방십자인대에는 슬관절의 고유수용감각기능과 관련된 기계적 수용체가 있는 것으로 밝혀졌으며, 또한 이러한 기계적 수용체가 슬관절의 안정성과도 밀접한 연관이 있기 때문에 재건술을 통해 구조적 결합을 해결한다해도 고유수용감각의 결손으로 인해 슬관절의 기능적 저하로 연결된다는 연구도 있다^{3,5)}. 이러한 이유로 최근에는 수술적인 어려움은 있지만, 전방십자인대 잔류조직을 최대한 보존하는 재건술을 시행하면 전방십자인대의 고유수용감각과 관련된 기계적 수용체를 보존할 수 있으며, 혈관재생을 촉진시켜 빠른 슬관절의 회복에 도움을 줄 수 있다라고 보고하고 있다^{6,7)}.

따라서 본 연구의 목적은 전방십자인대 파열 후 잔류조직을 최대한 보존하는 재건술(remnant preserving technique)과 잔류조직 제거 수술(conventional ACL reconstruction)을 시행한 두 그룹을 이식건의 신경 재형성이 이루어졌을 일년이 지난 시점에서 고유수용감각기능뿐만 아니라 근력 그리고 동적자세유지능력 등에도 차이가 있는지를 알아보는데 있다.

연구 방법

1. 대상

2008년 10월부터 2009년 9월 사이 자가 슬관절(auto graft-hamstring tendon)을 사용하여 전방십자인대 재건술을 받은 환자인 남자 40명을 무작위로 선별하여 임상적 결과를 평가하였다. 피험자는 두 그룹으로 잔류조직을 보존하여 재건술을 시행한 실험군(preservation of remnant group, PRG)과 잔류조직을 완전히 제거하고 재건술을 시행한 대조군(no remnant group, NRG)으로 나누었으며 신체적 특징은 Table 1과 같다. PRG (n=20)는 평균나이는 26.2세였으며, 이들은 수상 후 수술까지의 6-22주(mean, 9.2주)가 소요되었다. NRG (n=20)는 평균나이는 27.1세였으며, 수상 후 수술까지 8-30주(mean, 14.8주)가 소요되었다. 모든 검사는 전방십자인대 재건술 후 1년 되는 시점에서 실시하여 두 집단의 슬관절 신전근력, 굴곡근력, 고유수용감각과 동적 자세유지균형능력과 같은 기능적 차이를 비교하였다.

2. 수술법과 수술 후 관리

기존 일반적 수술방법은 파열된 인대를 잔류조직을 완전히 제거한 후 이식건을 고정하였기 때문에 잔류조직에 남아있는 기계적 수용체는 보존되지 못하였다. 본 연구에서는 파열 후 잔류 조직이 있는 경우 활액막을 포함한 경골 부착부 잔류조직을 중심으로 이식건을 통과시켜 잔류조직을 최대한 보전하는 방법으로 전방십자인대 재건술을 시행하였다. 관절경하전방십자인대 재건술을 시행하였으며, 사용된 이식건은 4겹 자가 슬관절(four stranded of hamstring autograft tendon)을 이용하였으며, 수술은 동일 술자에 의해 시행되었다.

수술 후 바로 기능성 보조기(functional brace)를 착용하도록 하였으며, Samsung medical center 프로토콜에 따라 재활 운동을 시행하도록 교육하였다. 또한 수술 후 2주 4주, 6주, 3달,

Table 1. Characteristics of study subjects

	PRG (n=20)	NRG (n=20)	p-value
Age (y)	26.20±4.63	27.10±5.24	0.716
Height (cm)	173.88±5.62	172.89±4.49	0.420
Weight (kg)	75.29±8.94	74.31±9.77	0.678
BMI (kg/m ²)	25.19±2.20	25.88±2.92	0.365
Body fat (%)	23.88±6.80	22.36±5.38	0.392

Date represent the mean±standard deviation.
PRG: preservation of remnant group, NRG: no preservation group, BMI: body mass index.

Table 2. A summary of the post-operative home-based exercise program

Exercise	Time begun after operation
SLR, quadriceps setting	Within 1 wk
Self-ROM stretching, SLR with 1 kg load, weight shifts	2 wk
Closed chain exercise, bicycling for ROM stimulus	4 wk
Bicycling, knee extension 90°-30°, lateral step-up	6 wk
Stair-stepper machine for endurance, poor running	8 wk
Continue all exercise	10 wk

SLR: straight leg-raising, ROM: range of motion.

6달, 1년 되는 시점에서 병원을 방문하도록 하여 수술을 시행한 담당의사가 수술 후 경과를 살폈으며, 방문할 때마다 그 시기에 적합한 운동을 할 수 있도록 프로그램을 구성하여 가정에서 운동을 할 수 있도록 지도하였다. 환자들에게 제공된 운동 프로토콜을 간단히 요약하면, 수술 직후 하지 직거상 운동(straight leg raise)과 대퇴사두근 수축(quadriceps setting)을 시행하도록 하였고, 수술 후 4주까지 90°, 6주까지 120°의 굴곡이 가능하도록 하였다. 수술 후 2주 차에는 부분적인 체중부하를 하도록 하였고, 4주차에는 벽에 등을 기댄 챔 쪼그리기(wall squat)나 간이 쪼그리기(mini-squat)와 같은 폐쇄사슬 운동(closed chain exercise)을 시행하도록 하였다. 이후 가능하다면 헬스클럽 등과 같은 곳에서 근력운동 장비를 사용하여 레그 익스텐션(leg extension), 레그 프레스(leg press), 레그 커블(leg curl) 등과 같은 근력 운동을 지속적으로 하도록 권유하였다 (Table 2).

3. 평가

1) 슬관절 근력평가(knee strength test)

근력측정은 등속성 운동기구인 Isokinetic Rehabilitation and Testing System (CSMI Medical solution, Stoughton, MA, USA)을 사용하여 슬관절의 신전근과 굴곡근의 최대우력을 측정하여 평가하였다. 등속성 검사에서의 각속도는 60°/s에서 4회, 180°/s에서 20회 검사를 실시하였다. 모든 검사에 앞서 각각 3회의 연습을 실시하여 피험자들에게 검사에 대한 적응성을 향상시켰다. 또한 각 속도 측정 간 휴식 시간은 1분으로 하였다. 검사 중의 동기 유발을 위해 일정한 톤으로 구령을 붙여 주어 자연스러운 검사가 되도록 하였다.

2) 고유수용감각 검사

(1) 관절위치감각 검사(joint position sense, JPS)

등속성 장비인 Biodex System 3 (Biodex Medical, Shirley, NY, USA)를 이용하여 관절위치감각 검사를 시행하였다. 피험자를 대퇴근력 검사방법과 동일하게 고관절이 90° 굴곡되도록 하고, 고정 벨트를 이용하여 상체와 골반 및 대퇴부와 발목의 내측과 골 직상방 부위를 각각 고정하여 앉힌 후 두 눈을 가린 상태에서 정해진 각도에 10초간 유지시켜 슬관절의 위치를 인식하도록 하였다. 이후 다시 피험자의 다리를 90° 굴곡되도록 하여 편안한 상태로 10초간 유지시킨 이후 피험자 스스로 인식시켰던 각도의 위치를 찾아가도록 하였다. 측정은 제시된 각도와 실제로 구현한 각도와의 오차를 측정하였다. 15°, 30°,

45°에서 각각 3회씩 반복 측정하였다.

(2) 수동운동역치 검사(threshold to detection of passive motion, TDPM)

TDPM 검사는 CSMI Isokinetic System을 이용하였다. Passive motion을 이용하여 45° 각도에서 슬관절을 고정시켜 놓고 0.0025°/s의 가장 느린 속도로 서서히 슬관절이 펴지도록 할 때, 피험자가 슬관절의 움직임을 인식하는 순간 피험자 스스로 정지 버튼을 누르게 되며, 시작한 각도인 45°에서 벌어난 각도를 측정하게 된다. 2번의 연습을 거친 후 3회 반복 측정하여 평균치의 값을 사용하였다.

3) 자세유지균형 능력 평가(dynamic postural stability test)

자세균형조절능력은 Biodex Stability System (BSS; Biodex Medical Systems)을 이용하였다. BSS의 발판(platform)의 움직임은 8단계로 구분되며 가장 안정적인 단계인 8단계에서 시작하여 가장 불안정한 단계인 1단계로 서서히 진행되도록 하였다. 발판은 모든 방향으로 최대 20°까지 움직이도록 되어있다. 먼저 전측의 한 다리로 선 자세에서 양손은 양측 허리에 가볍게 위치하게 하였으며 30초간 균형을 유지하게 하여 측정하였다. 전측의 검사를 마친 후 3분의 휴식 후 환측을 동일한 방법으로 측정하였다. 측정은 30초간 발판으로 전달된 신체 압력 중심 (center of pressure)의 이동에 따라 전-후방(anterior-posterior), 내-외측(medial-lateral)의 안정성 수치(stability indexes)를 측정하여 전측과 환측의 차이를 백분율(percent)로 분석하여 사용하였다. 환측의 불안정성이 심할수록 측정된 percent difference 수치가 커지게 된다.

4. 자료 분석

본 연구에서 측정된 모든 자료는 SPSS (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 통계 program을 사용하여 mann-whitney test와 Independent t-test를 사용하여 두 집단을 비교 분석 하였다. 통계적 유의수준은 $p < 0.05$ 로 하였다.

결과

1. 등속성 근력평가 결과

PRG의 신전근력(extensor muscle strength)의 측정결과 60°/s과 180°/s의 각속도(angular velocity)에서 각각 104.42 ± 25.89 N/m과 80.07 ± 18.39 N/m로 측정되었다. NRG에서는 각각

Table 3. Isokinetic strengthening findings

Knee strength (N/m)	PRG	NRG	p-value
Extension 60°/s	104.42±25.89	106.39±19.06	0.433
Extension 180°/s	80.07±18.39	82.60±15.22	0.730
Flexion 60°/s	71.50±21.11	74.27±16.44	0.939
Flexion 180°/s	55.61±15.12	59.63±5.14	0.544

Values are mean±standard deviation.

PRG: preservation of remnant group, NRG: no preservation group.

p<0.05.

Table 4. Joint position sence findings

Test angle	PRG	NRG	p-value
15°	2.40±1.00	3.36±0.95	0.0145*
30°	2.52±1.12	3.04±1.59	0.1618
45°	2.24±1.64	3.08±1.70	0.0822

Values are mean±standard deviation.

PRG: preservation of remnant group, NRG: no preservation group.

*p<0.05.

106.39±19.06 N/m와 82.60±15.2 2N/m로 나타나 두 그룹 간의 60°/s과 180°/s에서의 신전근력은 유의한 차이는 없었다(각각, p=0.433, p=0.730). 또한 굴곡근력(flexor muscle strength)의 60°/s의 각속도(angular velocity)에서는 PRG가 71.50±21.11 N/m, NRG가 74.27±16.44 N/m로 측정되었다. 180°/s에서는 각각 PRG가 55.61±15.12 N/m, NRG가 59.63±5.14 N/m로 측정되어 두 그룹간 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(각각, p=0.939, p=0.544) (Table 3).

2. 고유수용감각 검사 결과

고유수용감각은 관절위치감각(JPS)과 수동운동역치 검사(TDPM)과 두 가지 방법으로 측정하였다.

JPS는 15° 각도에서 PRG는 2.40°±1.00°의 차이를 보인 반면, NRG는 3.36°±0.95°의 차이를 보여 두 그룹간에 유의한 차이를 보였다(p=0.0145). 하지만 30°와 45°의 각도에서는 각각 PRG에서 2.52°±1.12°와 2.24°±1.64°를 보였으며, NRG에서는 각각 3.04°±1.59°와 3.08°±1.70°를 보여 두 집단 간 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 4).

TDPM 검사 측정결과 PRG에서 2.02°±0.59°의 차이를 보인 반면 NRG에서는 3.12°±0.94°의 차이를 보여 통계적으로 두 집단 간 유의한 차이를(p=0.0213) 보였다(Table 5).

3. 동적 자세유지균형 능력 검사 결과

한발로 서서 밸런스 능력을 측정한 동적 자세유지균형 검사

Table 5. TDPM findings

Test angle	PRG	NRG	p-value
45°	2.02±0.59	3.12±0.94	0.0213*

Values are mean±standard deviation.

TDPM: threshold to detection of passive motion, PRG: preservation of remnant group, NRG: no preservation group.

*p<0.05.

Table 6. Dynamic postural stability findings

	PRG	NRG	p-value
Dynamic postural stability (%)	19.60±20.17	26.96±21.00	0.092

Values are mean±standard deviation.

PRG: preservation of remnant group, NRG: no preservation group.

p<0.05.

에는 PRG가 19.60±20.17%, NRG가 26.96±21.00%의 불안정성을 보였다. 하지만 두 그룹간에는 통계적 유의한 차이는(p=0.092) 보이지 않았다(Table 6).

고찰

일반적으로 전방십자인대 재건술 시에는 신전 종말 시 과간 절흔에 인대 절단 단면의 충돌 가능성 때문에 십자인대 잔유물을 완전히 제거하여 기계적 안정성을 회복시키는데 중점을 두었고, 고유수용감각기능은 이식건의 재신경형성에 의한 자연치유에만 의존하였다. 이러한 기존의 수술방법으로도 슬관절의 기능과 고유수용감각의 기능향상을 가져올 수 있다고 하였는데, Ochi 등⁸⁾은 감각 신경 재 지배는 재건된 전방십자인대에서도 일어나며, Shimizu 등⁹⁾은 토끼를 대상으로 자가 슬개건을 이용한 전방십자인대 재건술에서 이식건의 기계적 수용기는 수술 후 24주 사이에 나타나며, 8주 후에는 정상수준으로

재생된다고 하였다. Adachi 등¹⁰의 연구에 의하면 전방십자인대에는 여러 개의 기계적 수용기들이 존재하며, 이러한 기계적 수용기들의 수가 슬관절의 고유수용감각과 밀접한 연관이 있다고 하였다. 이러한 이유에서 전방십자인대의 고유수용감각의 슬관절 안정화와 보호기능에 중요성이 강조되었고, 이를 위해 수술 시 가능한 전방십자인대를 보존하기 위한 수술법들이 시도 되었다. Fremerey 등⁵은 전방십자인대 잔류조직 보존 재건술 후 3-6개월 사이에 고유수용감각이 회복되었으며, 환자의 만족도와 고유수용감각과는 밀접한 관련성이 있다고 하였다. 즉 재건술의 성공여부는 기계적 요소뿐만 아니라 고유수용감각 기능의 회복 정도와도 밀접한 연관이 있다는 것이다. Lee 등⁷의 연구에서는 잔류조직보존 술기를 이용한 전방십자인대 재건술 후 잔류조직보존 그룹이 TDPM에서 유의한 결과를 보였고($p=0.031$), 또한 JPS 검사에서 15° 와 30° 각도에서 잔류조직 보존군에서 통계적으로 유의한 양호한 결과를 보인다고 보고하였다(각각 $p=0.032$, $p=0.024$). 또한 기능적인 검사(functional test)인 one leg hop test에서도 잔류조직보존그룹이 더 양호한 결과를 얻었다고 하였다. 본 연구에서도 TDPM 검사에서 잔류조직 보존 수술 그룹이 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p=0.213$). 또한 JPS 검사에서는 Lee 등⁷의 연구 결과와 비슷하게 신전된 각도인 15° 에서 양호한 결과를 얻었다($p=0.145$). 이처럼 잔류조직을 보존한 그룹에서 상대적으로 고유수용감각에 있어서는 더 좋은 임상 결과가 나왔으며, 잔류 보존 수술법이 고유수용감각에 긍정적인 효과를 나타내는 것으로 생각된다.

반면, 슬관절의 신전근력이나 굴곡근력에서는 큰 차이를 보이지 않았는데 이는 아마도 수술 후 1년 정도의 시간이 흐르면 근력 회복하는 수준이 수술 방법에 의해서는 차이가 나지 않기 때문인 것으로 생각된다. 전방십자인대 손상 받은 환자에 있어서 흔히 동반되는 장애 중의 하나가 자세 균형조절 문제로 스포츠 활동 시 주관적 불안감이 증가하도록 작용한다. 이러한 자세 균형조절은 운동 및 감각기능이 복합적으로 관여하며, 이 중 운동기능은 하지와 체간의 근육들의 조화가 작용되는 과정이며, 감각 기능은 고유수용 감각을 포함한 체성 감각과 시각 그리고 청각기관으로부터 수용된 다양한 감각들의 조직화 하는 과정을 말한다. 그렇기 때문에 전방십자인대 수상에 따른 기능적 손상을 측정하기 위해 외발서기(single leg stand)와 같은 검사를 시행한다. 본 연구에서는 단순히 외발서기의 시간을 측정하는 검사 보다 과학적인 동적 자세유지기능을 측정하였다. 하지만 두 집단 간에는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p=0.082$). 이처럼 차이를 보이지 않은

이유를 살펴보면 Park 등¹¹의 연구에서 전방십자인대 재건술을 시행한 환자들을 대상으로 근력과 동적자세유지능력의 관련성을 알아본 결과 두 변인 사이에는 높은 상관관계가 있다고 밝혀냈으며($r=0.51$, $p=0.004$), 본 연구에서도 슬관절의 근력이 일년이라는 시간이 지나면서 상당부분 회복되어 두 집단간 근력의 차이가 없었기 때문에 동적 자세유지능력에서도 통계적으로 유의한 차이가 나지 않는 것으로 생각된다.

본 연구의 제한점은 대상자 선택에서 수술을 받은 모든 피험자가 아닌 일부만을 추시 관찰되었기 때문에 선택적 편향이 있을 수 있다는 점과 최근에 고유수용감각 기능평가를 위해 사용되고 있는 검사방법을 사용했음에도 불구하고 고유수용감각 기전 자체의 복잡성과 측정 시 변수가 많다는 점 등을 들 수 있을 것이다.

결론적으로 결과를 종합해 보면 잔류조직 보존술기를 이용한 전방십자인대 재건술이 고유수용감각의 회복에 도움이 되는 것으로 추론할 수 있겠으나 고유수용감각을 더욱 정밀하게 측정할 수 있는 검사와 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Ageberg E. Consequences of a ligament injury on neuromuscular function and relevance to rehabilitation- using the anterior cruciate ligament-injured knee as model. *J Electromogr Kinesiol* 2002;12:205-12.
2. Childs SG. Pathogenesis of anterior cruciate ligament injury. *Orthop Nurs* 2002;21:35-40.
3. Barrett DS. Proprioception and function after anterior cruciate reconstruction. *J Bone Joint Surg Br* 1991;73:833-7.
4. Reider B, Arcand MA, Diehl LH, et al. Proprioception of the knee before and after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 2003;19:2-12.
5. Fremerey RW, Lobenhoffer P, Zeichen J, Skutek M, Bosch U, Tscherne H. Proprioception after rehabilitation and reconstruction in knees with deficiency of the anterior cruciate ligament: a prospective, longitudinal study. *J Bone Joint Surg Br* 2000;82:801-6.
6. Kyung HS, Oh CW, Kim PT, Lee BW. Arthroscopic ACL reconstruction using quadrupled hamstring tendon with tibial remnant-preserving technique. *J Korean Orthop Soc Sports Med* 2007;6:92-8.
7. 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.
8. Ochi M, Iwasa J, Uchio Y, Adachi N, Sumen Y. The regeneration of sensory neurones in the reconstruction of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Br* 1999;81: 902-6.
 9. Shimizu T, Takahashi T, Wada Y, Tanaka M, Morisawa Y, Yamamoto H. Regeneration process of mechanoreceptors in the reconstructed anterior cruciate ligament. *Arch Orthop Trauma Surg* 1999;119:405-9.
 10. Adachi N, Ochi M, Uchio Y, Iwasa J, Ryoke K, Kuriwaka M. Mechanoreceptors in the anterior cruciate ligament contribute to the joint position sense. *Acta Orthop Scand* 2002; 73:330-4.
 11. Park WH, Kim DK, Yoo JC, et al. Correlation between dynamic postural stability and muscle strength, anterior instability, and knee scale in anterior cruciate ligament deficient knees. *Arch Orthop Trauma Surg* 2010;130:1013-8.