

# 전방 십자인대 재건술 시 자가 슬괵건의 채취 후 굴곡력의 약화 및 임상 결과: 채취 방법에 따른 두 가지 방법의 비교

Flexor Weakness and Clinical Outcomes after Hamstring Harvest in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Comparison of Single- and Double-Tendon Harvesting Techniques

이성락\* · 김진구 · 하정구 · 김성태 · 김상범

인제대학교 서울백병원 정형외과학교실, \*인천사랑병원 정형외과

**목적:** 전방 십자인대 재건술 시 반건양건과 박건(semiendinosus and gracilis, ST & G)을 채취한 군과 반건양건(semiendinosus, ST)만을 채취한 군의 굴곡력 감소 및 임상 결과의 차이를 비교하고자 한다.

**대상 및 방법:** 자가 슬괵건을 사용해 전방 십자인대 재건술을 시행한 환자 중 여자를 제외하고 2년 이상 추시가 가능했던 ST군 41예와 ST & G군 30예를 대상으로 하였다. 임상 결과로 Lysholm score, Tegner activity score, KT-2000 등과 기능적 수행 검사를 사용하였다. Biodex System III dynamometer를 이용해 앉은 자세와 엎드린 자세에서 슬관절 신전, 굴곡, 결손 정도 및 등속 최대 근력을 측정 및 분석하였다.

**결과:** ST군과 ST & G군에서 임상 결과상 유의성은 없었으며, 두 군 모두에서 술 후 건측에 비해 굴곡력 약화가 보였으나 통계학적 차이가 없었다. 특히 과굴곡 시 ST군에서 굴곡 결손 정도가 통계학적으로 유의하게 더 작았다( $p < 0.01$ ).

**결론:** 자가 슬괵건을 이용한 전방 십자인대 재건술 후 굴곡력 감소가 보였으며 과굴곡 시 ST만을 이용한 경우 ST & G를 이용한 경우보다 유의하게 굴곡 결손이 작았다.

**색인단어:** 슬괵건, 반건양건, 박건, 굴곡 결손, 전방 십자인대 재건술

## 서 론

최근 전방 십자인대 재건술에 있어 여러 가닥의 자가 슬괵건을 이용하여 보다 해부학적으로 유사한 재건을 할 수 있으며, 높은 최대 인장 강도(ultimate tensile load)를 가지게 되고, 또한 낮은 공여부 이환율, 그리고 채취 후 재생(regeneration) 등의 장점으로 자가 슬괵건의 사용이 증가하는 추세이다.<sup>1-4)</sup> 물론 자가 슬괵건을

이용한 경우에도 터널의 확장, 고정력의 저하, 굴곡력의 약화 등의 문제점이 있으나 수술 기법 및 수술 기구의 발달로 고정 방법이 향상되어 우수한 결과를 보이고 있다.<sup>5,6)</sup> 그러나 이러한 자가 슬괵건, 특히 반건양건과 박건을 모두 채취한 경우, 술 후 회복에 있어 굴곡력의 약화라는 문제는 여전히 있다. 최근 채취한 슬괵건의 슬괵건 대퇴부에서의 건 재생이 이루어진다는 보고들과 슬관절 굴곡력 회복에 대해 등속성 검사를 시행하여 굴곡력의 감소는 보이지 않는다는 연구들이 있으나 실제 슬관절의 굴곡력 회복 여부에 관한 논란은 많은 실정이다.<sup>7-10)</sup> 즉, 등속성 검사에 근거한 이 연구들은 20-30도 사이의 슬관절 굴곡에서 일어나는 최대 굴곡 염력(peak flexion torque)만을 측정하여 평가한 것이며, 이러한 방법으로는 슬관절 과굴곡 시 일어날 수 있는 굴곡력의 약화를 간과할 수 있다. 이는 반건양건과 박건의 슬관절 과굴곡 시 중요한 역할을 고려할 때 통상적인 슬관절 굴곡 각도에서만 근력을

접수일 2011년 11월 1일 수정일 2012년 1월 25일

게재확정일 2012년 3월 12일

교신저자 김진구

서울시 중구 마른대로 9, 인제대학교 서울백병원 정형외과학교실

TEL 02-2270-0025, FAX 02-2270-0048

E-mail boram107@hanmail.net

\*본 논문의 요지는 2011년도 대한정형외과학회 추계학술대회에서 발표되었음.

측정하는 것으로는 슬관절 과굴곡 시의 의미있는 굴곡력의 차이를 반영하지는 못한다는 것이다. 또한 저자들의 최근 자가 슬픽건 채취에 따른 일련의 연구를 통하여 자가 슬픽건 채취 후 근력 약화는 수술 후 2년이 경과하여도 호전되지 않고 의미있게 지속되며 이런 굴곡력 약화는 임상적 결과 및 기능적 결과와 의미있는 연관성은 없다는 점을 보고하였으며<sup>11)</sup> 다른 연구들에서도 과굴곡 시의 굴곡력 약화와 관련하여 두 건을 모두 채취한 경우와 반건양건만을 채취한 경우에 있어 술 후 굴곡력의 차이를 보고하였다.<sup>12,13)</sup> 이에 저자들은 전방 십자인대 재건술 시 자가 슬픽건을 사용한 경우 자가 반건양건만을 사용한 군과 반건양건과 박건을 모두 사용한 군에서 재건술 후 통상적인 굴곡 각도에서뿐만 아니라 과굴곡 시에서도 등속성 검사를 시행하여 굴곡력의 약화가 생기는지에 대해 알아보하고자 하였다.

본 연구의 목적은 전방 십자인대 재건술 시 자가 슬픽건을 사용하는 경우 반건양건만을 채취하는 방식이 반건양건과 박건 모두를 채취한 방식보다 슬관절의 굴곡력 약화 등의 합병증을 더 적게 초래하는지 알아보하고자 하는 것이다.

## 대상 및 방법

### 1. 연구 대상 및 방법

2007년 4월부터 2009년 6월까지 본원에서 전방 십자인대 파열로 진단되어 단일 술자에 의해 자가 슬픽건을 이용한 단일 다발의 전방 십자인대 재건술을 시행한 96예의 환자를 대상으로 하였다. 임상적, 기능적 및 근력 검사를 동의하고 시행하였던 환자를 대상으로 하였고, 2년 이상 추시한 환자로 하였다. 동측의 골절, 다발성 인대 손상, 감염, 재재건술을 시행한 경우와 추후 합병증으로 재수술을 시행한 경우, 이전에 동측의 손상 및 수술을 시행한 환자들, 그리고 건측의 슬관절에 손상이 있는 경우는 제외하였다. 반건양건만을 사용한 군(semiendinosus, ST)과 반건양건 및 박건을 모두 사용한 군(semiendinosus and gracilis, ST & G)은 총 52명과 44명이었다. 이 중 대상자들 간의 근력의 차이로 인한

오류를 줄이기 위해 여자 환자와 기능적 수행 평가 및 슬관절 등속성 근력 검사를 술 후 2년째에 시행하지 않은 환자도 제외하여 총 41명과 30명을 대상으로 하였다. 수술 시 평균 나이는 ST군은  $29.0 \pm 9.4$ 세였으며, ST & G군은  $28.8 \pm 11.0$ 세였다. 평균 추시 기간은 32개월(24-45개월)이었으며 동반 손상으로는 반월상 연골 파열이 29예에서 있었다. 임상적 결과의 평가로는 Lysholm score, International Knee Documentation Committee (IKDC) subjective knee score, Tegner activity score, 그리고 KT-2000 side-to-side difference (MEDmetric, San Diego, CA, USA)로 조사하였고, 등속성 근력 검사(isokinetic test)는 Biodex System III dynamometer (Biodex Medical System, Shirley, NY, USA)를 이용하여 시행하였으며 앉은 자세에서 60도/sec 각속도에서의 신전력과 굴곡력, 옆드린 자세에서 과굴곡력의 최대 염력(peak torque) 및 절손을 비교하였다. 기능적 수행 평가는 one-legged hop for distance test, co-contraction test, carioca test, 그리고 shuttle run test를 시행하여 평가하고 등속성 근력 검사 시 신전, 굴곡 및 과굴곡 절손과 상관관계를 분석하였다.

### 2. 수술 시기 및 재할

#### 1) 이식건의 채취 및 준비

이식건의 선택은 채취된 반건양건의 길이 및 폭과 상태에 따라 선택하였다. 즉 채취된 반건양건의 총 길이가 24 cm 미만, 네 겹(quadruple)의 반건양건의 폭이 6 mm 미만일 경우, 채취된 건의 상태가 이식하기에 적합하지 않을 경우 두 건을 모두 채취하였다. 슬관절을 90도 굴곡시키고 경골 조면의 2 cm 내측에 4 cm의 피부 종절개를 가한 후 피하 조직과 지방을 박리하여 봉공근 막(sartorius fascia)을 노출시켰다. 두 건을 모두 채취 시에는 봉공근 막의 근위부에서부터 역 L-자 모양의 절개를 가한 후 거위발 건 전체를 골막하 근위부로부터 박리하여 뒤집었다(Fig. 1A). 반건양건만을 채취 시에는 거위발 건 전체 중 거의 공동 부착부(conjoined tendon) 20 mm 근위부에서부터 박건과 반건양건의 분리를 확인하고, 봉공근 막의 중간 부위에 평행하게 절개 후 반건양건만을



Figure 1. A graft harvest technique. (A) Reversed 'L'-shape incision to the sartorius tendon. (B) Harvest of semitendinosus tendon.

선택하여 채취하였다. 이 때 반건양건이 붙는 골막을 박리하여 골막을 포함한 여분의 길이(1-2 cm)를 더 채취하였다(Fig. 1B).

원위부에 Ethibond #2를 이용하여 4-5 cm 가량 whipstitch를 시행한 후 원위부를 겹자로 잡고 적절한 긴장도를 유지하면서 수지를 이용하여 건 주위 조직과 박리 후 tendon stripper를 이용하여 반건양건을 박리하였다. 채취한 반건양건의 길이가 최소 24 cm를 넘는 경우는 반건양건을 반으로 자른 후 반으로 접어서 총 4가닥의 반건양건 이식물(quadruple ST graft)을 만들었으며, 24 cm를 넘지 않는 경우는 추가적으로 박건을 동일한 방법으로 채취하여 네 가닥의 반건양건/박건(quadruple ST/G graft)을 만들어 사용하였다.

## 2) 전방 십자인대 재건술

모든 시술은 4가닥(quadruple graft) 자가 슬픽건(ST군, ST & G군)을 이용하였으며 경골골 방식으로 시행하였다. 대퇴 터널은 관절경에서 대퇴 절흔을 기준으로 오른쪽 슬관절에서는 10시, 왼쪽에서는 2시 방향으로 설정하여 만들었다. 대퇴골 고정에는 Endobutton과 Bio-Cross Pin (RigidFix System, Mitek, Johnson & Johnson, Raynham, MA, USA)으로 시행하였으며 경골 고정은 생체 흡수성 간접 나사(Bioscrew<sup>®</sup> poly L-lactic acid, Linvatec Co., Largo, FL, USA)와 함께 staple이나 피질골 나사못과 washer로 고정하였으며, 모든 수술은 한 명의 수술자에 의해 시행되었다.

## 3) 재활

수술 후 재활은 두 군에서 모두 같은 방법으로 시행하였다. 수술 다음날부터 관절 신전 및 굴곡을 허용하였으며 연골 봉합술을 시행하지 않은 경우, 전방 십자인대 보조기를 착용 후 가능한 한 체중 부하를 허용하였으며 2주 후부터 전 체중 부하를 허용하였다. 연골 봉합술을 시행한 경우에는 6주간 목발 보행하 부분 체중 부하를 시행하였다. 술 후 6주경부터 open kinetic leg curl exercise를 시행하였다. 보조기는 8주간 착용하였으며, 등속성 근력 검사 결과에 따라 술 후 3개월째부터 근력의 회복 시 조깅을 시행하였으며 6개월 이후 스포츠 활동을 허용하였다.

## 3. 슬관절 등속성 근력 검사

슬관절 등속성 근력을 측정하기 위하여 Biodex System III dynamometer를 이용하였다. 측정 시 실내 온도는 18-22도를 유지하였고, 사전에 등속성 장비의 영점 조절을 해 두었으며, 측정 전 대상자들에게 준비 운동을 충분히 시켰다. 앉은 자세에서 대퇴를 고정시키고 슬관절의 신전 각도에서 굴곡의 각도를 90도로 맞추었으며 슬관절은 dynamometer의 회전축과 일치시켰다. 신전 및 굴곡 운동 시 외력이 작용하지 않도록 고정띠를 이용하여 가슴, 대퇴, 복부 부위를 고정시키고 힘점인 레버 암은 족관절 부위에서 2 cm 정도 위인 지점에 묶어 신전 및 굴곡 운동을 하도록 하였다. 검사 각도는 0-90도에서 시행하였으며 하지의 무게가 슬관절 최대 염력에 영향을 주는 것을 막기 위해 중력 영향 염력(gravity effect torque)을 측정하여 컴퓨터에 입력하였다. 슬관절의 굴곡과 신전을 정상적인 관절 가동 범위를 측정한 후 각속도 60도/sec와 180도/sec에서 각각 4회를 측정하였다. 측정 시 전방 십자인대 재건술을 하지 않은 건측을 먼저 검사하였다. 건측과 환측의 신전 근과 굴곡근의 최대 염력을 측정하여 평가하였으며, 과굴곡 시의 근력을 평가하기 위해서 엎드린 자세에서 슬관절을 회전축과 일치시킨 후 검사 각도는 60-120도로 고정하여 건측과 환측의 신전 근과 굴곡근의 최대 염력을 평가하였다(Fig. 2). 본 연구에서는 60도/sec의 각속도를 근력의 평가 지표로 사용하였다.<sup>11)</sup>

## 4. 기능적 수행 검사

### 1) One-legged hop for distance

평평한 바닥에서 한쪽 다리로 힘껏 앞으로 뛰도록 하여 그 거리를 측정하였다. 한 번 뛰기(single hop test)와 세 번 뛰기(triple hop test) 두 종류를 실시하였다. 양쪽 다리 각각 3번씩 실시하여 가장 멀리 뛴 거리를 채택하였다. 건측에 대한 환측의 퍼센트로 표현한 "Limb symmetry index"를 측정하기 위해 양쪽 다리에 대해 시행하였다.<sup>14)</sup>

### 2) Co-contraction test

Co-contraction test는 피검자의 허리에 벨크로 벨트(velcro belt)



Figure 2. (A) Standard isokinetic testing. (B) Hyperflexion isokinetic testing.



를 두르고 시행한다. 벨트는 길이 122 cm (48인치), 반지름 2.54 cm (1인치) 고무 튜브에 연결되어 있고, 이 튜브는 바닥으로부터 154 cm (60인치) 높이의 벽에 부착된 금속고리에 연결시켜 놓는다. 바닥에는 금속고리를 중심으로 하여 반지름이 244 cm (96인치)가 되게 반원모양의 선을 그려 놓는다. 피검자는 자신의 발가락 끝을 그 선위에 놓이게 한 뒤 허리에 튜브를 연결하고 벽을 마주보며 선다. 장력이 가해지며 늘어나 있는 튜브를 허리에 찬 채로 180도 반원모양을 그리며 벽에서 벽으로 5번 반복하게 하고, 그 시간을 측정한다. 오른쪽에서 먼저 시작하여 옆걸음으로 반원을 따라 뛰도록 한다. 따라서 세 번은 오른쪽에서 왼쪽으로, 두 번은 왼쪽에서 오른쪽으로 뛰게 되는 것이다.

### 3) Carioca test

Carioca test는 피검자에게 발을 엇갈리게(crossover step) 하며 옆으로 뛰게 하는 검사이다. 처음에는 왼쪽에서 오른쪽으로 12 m (40 feet)를 뛰게 하고 그 다음에는 오른쪽에서 왼쪽으로 다시 되돌아오게 하여 그 최소 시간을 측정한다.

### 4) Shuttle run test

Shuttle run test는 피검자에게 6.1 m (20 feet) 거리를 달리게 한 후 바닥에 그려진 선을 달고 돌아서 다시 처음의 위치로 되돌아와 바닥의 표시 선을 달게 한다. 시작 후 3번 방향을 바꾸어 달리며 총 80 feet 거리를 뛰게 된다. 소요되는 최소 시간을 측정한다.

Table 1. Demographic Data and Clinical Outcome Results

	ST group (N=41)	ST & G group (N=30)	p-value
Age (yr)	29.0±9.4	28.8±11.0	0.944
Height (cm)	177.1±4.8	171.2±5.9	<0.001*
Weight (kg)	78.4±10.3	74.8±10.7	0.163
Mean follow-up period (mo)	32.4±6.2	32.9±4.2	0.677
Lysholm score	91.9±6.8	90.8±7.4	0.524
IKDC score	84.5±11.1	83.3±10.8	0.650
Tegner activity score	5.5±1.2	5.4±1.2	0.641
KT-2000 side to side			
Difference (mm)	1.8±1.4	2.0±1.4	0.461
Meniscus treatment [N (%)]			0.982 <sup>†</sup>
Repaired	5 (12.2)	4 (13.3)	
Meniscectomy	11 (26.8)	9 (30.0)	

Values are presented as mean±standard deviation or number (%). \*Statistical significance; <sup>†</sup> $\chi^2$ -test. IKDC, International Knee Documentation Committee; ST, semitendinosus; ST & G, semitendinosus & gracilis.

## 5. 통계적 방법

통계학적인 분석으로는 independent-sample t tests, paired t test 및  $\chi^2$  분석을 시행하였고, 신전, 굴곡 및 과굴곡 시의 절손과 기능적 수행 평가의 상관 분석을 위해 Pearson 상관 계수를 사용하였다.  $p<0.05$ 를 통계학적 유의 수준으로 정의하였으며 모든 통계학적 분석은 SPSS version 16.0 (SPSS for Windows release 16.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하였다.

## 결 과

ST군의 평균 키는 177.1±4.8 cm였고 ST & G군의 평균 키는 171.2±5.9 cm였으며 통계학적으로 유의하게 ST군의 키가 더 컸다( $p<0.001$ ). 나이, 평균 몸무게 및 평균 추시 시간은 두 군 간 유의한 차는 보이지 않았다. 임상적 결과로 Lysholm, IKDC, Tegner activity score상 두 군 간의 유의한 차이는 없었으며, 객관적인 평가로 시행한 KT-2000 side to side difference 간에도 두 군 간 유의한 차는 없었다. 동반된 반월상 연골 손상의 치료에 있어서도 ST군에서 반월상 연골 봉합술을 시행한 경우가 5예(12.2%), 반월상 연골 절제술을 시행한 경우가 11예(26.8%)였으며 ST & G군의 경우 각각 4예(13.3%), 9예(30.0%)였으며 양 군 간 유의한 차는 없었다(Table 1). 또한 기능적 수행 평가 결과 역시 두 군 간에 차이는 보이지 않았다(Table 2). 앉은 자세에서 60도/sec 각속도로 시행한 등속도 근력 검사상 ST군과 ST & G군에서 건측에 비해 환측의 경우 신전근 및 굴곡근의 최대 염력이 모두 감소하였으나( $p<0.001$ ) 두 군 간의 최대 염력에서는 통계학적으로 유의한 차는 보이지 않았다(95.6±23.1, 90.4±27.8;  $p=0.411$ ). 엎드린 자세에서 60도/sec 각속도로 시행한 과굴곡근의 최대 염력은 신전근 및 굴곡근과 마찬가지로 건측에 비해 환측이 감소하였으며( $p<0.001$ ) 특히 환측의 경우 ST군에서 73.1±19.7 Nm, ST & G군에서는 59.3±14.5 Nm으로 반건양건에 비해 두 건을 모두 채취한 군에서 통계학적으로 유의하게 감소하였다( $p=0.001$ ) (Table 3). 이를 굴곡력 절손의 비로 보았을 때 앉은 자세에서는, 즉 일반적인 굴곡 범

Table 2. Functional Performance Test Results in Two Groups

	ST group	ST & G group	p-value
Co-contraction test(s)	16.4±2.9	15.6±2.8	0.247
Shuttle run test(s)	8.3±1.5	7.9±0.9	0.196
Carioca test(s)	9.5±1.8	9.8±2.4	0.655
One-legged hop test (cm)			
Affected knee	139.1±31.2	145.3±28.2	0.382
Unaffected knee	161.2±21.6	159.6±21.6	0.752
Limb symmetric index (%)	85.6±12.8	89.5±13.5	0.128

Values are presented as mean±standard deviation. ST, semitendinosus; ST & G, semitendinosus & gracilis.

Table 3. Extension, Flexion and Deep Flexion Peak Torque (60°/sec) in Two Groups

	Unaffected	Affected	p-value
Extension peak torque (Nm)			
ST group	214.9±47.4	171.4±55.8	<0.001
ST & G group	200.6±39.8	165.8±47.8	<0.001
Flexion peak torque (Nm)			
ST group	113.1±24.9	95.6±23.1	<0.001
ST & G group	105.2±26.4	90.4±27.8	<0.001
Deep flexion peak torque (Nm)			
ST group	87.1±18.8	73.1±19.7	<0.001
ST & G group	79.6±12.1	59.3±14.5	<0.001

Values are presented as mean±standard deviation. Paired t tests are used. ST, semitendinosus; ST & G, semitendinosus & gracilis.

위에서의 근력 차는 ST군의 경우  $15.1 \pm 13.6\%$ 였으며 ST & G군의 경우  $14.7 \pm 12.9\%$ 로 두 군 간 유의한 차는 보이지 않았으나 ( $p=0.893$ ), 엎드린 자세, 즉 과굴곡 시에서는 ST군보다 ST & G군에서 굴곡력 결손이 더 증가하였다( $16.4 \pm 13.2\%$ ,  $26.1 \pm 14.3\%$ ;  $p=0.005$ ) (Table 4). 신전, 굴곡 및 과굴곡 시 결손과 기능적 수행 검사의 상관 관계 분석에서는 신전 결손 시 수행 검사 모두에서 유의한 상관 관계를 보였으나( $p<0.01$ ) 굴곡 시에는 Limb symmetry index와, 과굴곡 시에는 Co-contraction과 Carioca test에서 유의한 상관 관계를 보였다( $p<0.05$ ) (Table 5).

## 고 찰

본 연구에서 자가 슬립건 재취 후 등속성 근력 검사의 평균값을 비교할 때, 두 군 모두에서 건측에 비해 통계학적으로 유의한 굴곡력의 감소를 보였으며, ST군과 ST & G군에서 통상적인 각도에서의 굴곡력은 두 군 간의 차이는 없었으나 과굴곡 시 굴곡력의 결손은 ST군에서는  $16.4 \pm 13.2\%$ , ST & G군에서는  $26.1 \pm 14.3\%$ 로 ST & G군에서 통계학적으로 굴곡력의 결손이 더 증가하였다. 그러나 술 후 임상적 결과는 두 군 간의 차이는 보이지 않았다.

슬립건 재취 후 슬관절의 굴곡력 약화 여부에 대해 Lipscomb 등<sup>15)</sup>은 자가 슬립건 재취 후 99%의 굴곡력 회복을 이루었으며 반건양건만을 사용하였을 경우 102%의 근력 회복을 이루었다고 보고하였으며, Maeda 등<sup>16)</sup>은 술 후 2년째에 60도/sec의 각속도에서 최대 굴곡력(peak flexion torque)은 건측의 95.4%였으며 환측과 건측 사이에 최대 염력의 차이는 보이지 않았다고 보고하였다. 그러나 Aune 등<sup>17)</sup>은 전방 십자인대 재건술 후 슬관절 굴곡력 결손이 의미 있게 존재한다고 보고하였으며 최근 다른 연구들에서도 슬립건의 재취 시 슬관절의 굴곡력 감소를 보고하였다.<sup>8,13,18)</sup> 이는 저자들의 연구 결과에서도 이와 유사한 결과를 보였다.

Table 4. Comparisons of Flexion and Deep Flexion Deficit in Two Groups

	ST group	ST & G group	p-value
Flexion deficit (%)			
Normal isokinetic test			
In sitting position	15.1±13.6	14.7±12.9	0.893
Hyperflexion isokinetic test			
In prone position	16.4±13.2	26.1±14.3	0.005*

Values are presented as mean±standard deviation. \* $p<0.05$ . ST, semitendinosus; ST & G, semitendinosus & gracilis.

Table 5. Correlation Analysis between Deficit of Isokinetic and Functional Performance Tests

	Co-contraction	Carioca	Shuttle run	Limb symmetric index
Extension deficit				
In sitting position	0.434 <sup>†</sup>	0.349 <sup>†</sup>	0.315 <sup>†</sup>	-0.522 <sup>†</sup>
Flexion deficit				
In sitting position	0.231	0.213	0.165	-0.254*
Flexion deficit				
In prone position	0.248*	0.234*	0.158	-0.092

Values are correlation coefficient. \* $p<0.05$ , <sup>†</sup> $p<0.01$ .

Choi 등<sup>19)</sup>은 슬립건 재취 후 반건양건은 80%, 박건은 75.6% 정도 재생이 되나 대부분 근건 이행부가 근위부로 이전되는 현상이 나타나며 이러한 재생 여부 역시 슬관절의 임상적 및 기능적 결과와 의미있는 연관성은 없었으나 슬관절의 과굴곡력은 의미있는 약화를 보였다고 보고하였다. 이러한 약화는 슬립건 재취 이후 건 재생 시 발생하는 근건 이행부의 근위 이전 등의 불완전 재생과 연관이 있을 것으로 판단이 되므로 저자들은 슬립건 재취 시 굴곡건 약화를 최소한으로 줄이기 위해 가능한 한 반건양건만을 재취하는 방식을 개발하게 되었다.

반건양건만을 재취하는 경우 네 가닥으로 만들게 되면 반건양건 및 박건을 재취하는 경우보다 두께는 더 두꺼우나 길이가 짧아지는 단점이 발생한다. 그러나 최근 전방 십자인대 재건술 시 대퇴골 터널을 등장점이 아닌 더 외측의 10시 또는 2시 방향, 혹은 해부학적 중심에 만들 경우 대퇴 터널 길이가 줄어들어<sup>20)</sup> 재건술에 필요한 이식물의 길이가 짧아지므로 이러한 단점은 술기의 개선으로 충분히 극복될 문제로 생각이 된다. 과거 등장점에 고정하는 방식으로 수술을 시행한 Barenius 등<sup>21)</sup>은 골-슬개건-골과 네 겹의 반건양건으로 시행한 전방 십자인대 재건술 후 장기 추시 결과 안정성, 슬관절 기능, 일상 생활에서 큰 차이를 보이지 않았으며 오히려 반건양건의 경우 골-슬개건-골의 경우에 비해

합병증이 덜 하였다고 보고하였으며, Lidén 등<sup>22)</sup>도 이와 유사한 연구 결과를 보고하였다. 또한 Gobbi 등<sup>23)</sup>은 자가 슬괵건 이식 시 반건양건만을 사용한 군과 두 건을 사용한 군을 비교하여 두 군 사이에 임상적 결과의 차이가 없음을 보고하였으며 자가 슬괵건을 이용한 전방 십자인대 재건술 시 가능하다면 네 겹의 반건양건만을 사용하는 것을 추천하였다.

Nakamura 등<sup>13)</sup>은 반건양건만을 채취한 경우 60도/sec 각속도에서 등속 최대 굴곡력과 90도에서의 과굴곡력을 측정하여 건측에 비해 각각 93.7%와 80.2%로 감소하며 두 건을 모두 채취한 군에서는 각각 91.3%와 78.8%였다고 보고하였으며 슬괵건 채취 시 2년이 지나도 과굴곡력의 회복은 잘 이루어지지 않는다고 하였다. 또한 Tadokoro 등<sup>8)</sup>은 과굴곡 상태에서 슬괵건의 굴곡력이 건측에 비해 49%로 감소한다는 결과를 보고하였으며 다른 연구들에서도 과굴곡 시의 굴곡력 결손은 건측에 비해 30%까지 생겼다고 보고하였다.<sup>17,18,24)</sup> 그러나 최근 Ardern 등<sup>12)</sup>은 반건양건만을 채취한 군과 두 건을 모두 채취한 군에서 일반적인 굴곡과 과굴곡 시의 최대 굴곡력의 차이는 보이지 않았으나 반건양건만을 채취한 군과 비교할 때 두 건을 모두 채취한 군에서 굴곡력 결손이 큰 경향은 있다고 보고하였다.

본 연구에서 Ardern 등<sup>12)</sup>이 보고한 과굴곡 시의 등속 최대 근력의 측정 결과와 차이가 나는데 이러한 이유는 과굴곡 시의 등속 최대 근력의 측정 방법에 따른 차이로 보인다. 저자들의 경우 통상적인 슬관절 굴곡은 앉은 자세에서 측정하였으며 과굴곡은 엎드린 자세에서 측정하였다. 이는 슬괵건이 높은 굴곡 각도에서 최대 근력을 발휘하는 데 15-30도 사이의 낮은 굴곡 각도에서 최대 염력은 대퇴 이두근(biceps femoris)과 반막양근(semimembranosus)에 의해 발휘되고, 슬괵건은 75도 이상의 높은 굴곡 각도에서 굴곡 및 내회전 기능을 발휘하는 데 있다.<sup>25)</sup> 결국 낮은 굴곡 각도에서는 등속 최대 근력을 측정하면 대퇴 이두근과 반막양근 같은 여러 근육의 보상 작용이 있어 결과 측정에 차이가 없게 측정된다. 따라서 과굴곡력을 측정할 때 엎드린 자세에서 과굴곡 각도의 등속 최대 근력을 측정할 결과가 더 정확할 것으로 생각한다.

Seto 등<sup>26)</sup>은 전방 십자인대 재건술 후 5년 추시상 환측의 대퇴 사두근의 근력은 건측에 비해 낮았다고 보고하였으며 Risberg와 Holm<sup>27)</sup>은 재건술 후 2년째에 환측의 최대 신전 염력과 굴곡 염력은 88.5%와 92%였다고 보고하였다. 이는 신전 결손이 굴곡 결손보다 더 크다는 본 연구의 결과와 유사하였다. Biodex dynamometer를 이용한 대퇴 사두근과 슬괵건의 등척성 검사는 운동 복귀를 결정할 수 있는 기준이며 양 하지의 근력 차이를 줄이는 것이 재활의 목표가 되어야 한다고 하였으나<sup>28)</sup> 최대 염력이 직접적인 슬관절의 기능을 나타내는 기준은 아니기에 본 연구에서는 기능적 수행 검사도 병행하여 판단하였다. 그 결과 두 군 간의 차이는 보이지 않았다. 또한 신전, 굴곡 및 과굴곡 등속성 근력 검사와 기

능적 수행 검사 간의 상관 관계를 분석하여 신전 결손이 모든 수행 검사와 상관 관계를 보였으며 굴곡 시는 Limb symmetric index와 과굴곡 시에는 Co-contraction과 Carioca 검사와 상관 관계를 보였다. 즉 굴곡력의 결손보다 신전력의 결손이 기능적 수행 검사에 더 큰 영향을 주는 것으로 생각한다.

본 연구의 제한점으로는 이식건의 채취 시 이식건의 길이에 따라 두 군으로 분류한 결과 신장의 차이가 나타났으며 특히 여자들의 경우 두 건을 모두 채취한 군에서 더 많았으며 근력의 차이를 고려하여 대상 환자를 남자만으로 제한하였다는 점이다. 또한 슬괵건의 또 다른 기능인 내회전에 대한 근력 측정을 시행하지 못 했는데, 이는 슬관절의 내회전력 측정 시 영향을 미칠 수 있는 족관절 및 고관절의 운동을 제어할 수 있는 적절한 방법이 먼저 모색되어야 할 것이다.

## 결 론

자가 슬괵건을 이용한 전방 십자인대 재건술 후, 건측에 비해 슬관절 굴곡력의 감소가 보였으며 특히 과굴곡 시 반건양건만을 이용한 경우 반건양건과 박건을 이용한 경우보다 유의하게 굴곡 결손 정도가 적었다. 또한 술 후 두 군 간의 임상적 결과에 유의한 차이는 보이지 않았다. 이에 과굴곡근의 사용이 두드러지는 환자들에게는 굴곡 결손의 감소를 최소화하기 위해서 반건양건만을 사용하여 재건술을 시행하는 것이 좋을 것으로 생각한다.

## 참고문헌

1. Aglietti P, Giron F, Buzzi R, Biddau F, Sasso F. Anterior cruciate ligament reconstruction: bone-patellar tendon-bone compared with double semitendinosus and gracilis tendon grafts. A prospective, randomized clinical trial. J Bone Joint Surg Am. 2004;86:2143-55.
2. Woo SL, Wu C, Dede O, Vercillo F, Noorani S. Biomechanics and anterior cruciate ligament reconstruction. J Orthop Surg Res. 2006;1:2.
3. Prodromos CC, Han YS, Keller BL, Bolyard RJ. Stability results of hamstring anterior cruciate ligament reconstruction at 2- to 8-year follow-up. Arthroscopy. 2005;21:138-46.
4. Nikolaou VS, Efsthathopoulos N, Wredmark T. Hamstring tendons regeneration after ACL reconstruction: an overview. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2007;15:153-60.
5. Biau DJ, Katsahian S, Kartus J, et al. Patellar tendon versus hamstring tendon autografts for reconstructing the anterior cruciate ligament: a meta-analysis based on individual patient data. Am J Sports Med. 2009;37:2470-8.

6. Armour T, Forwell L, Litchfield R, Kirkley A, Amendola N, Fowler PJ. Isokinetic evaluation of internal/external tibial rotation strength after the use of hamstring tendons for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2004;32:1639-43.
7. Eriksson K, Hamberg P, Jansson E, Larsson H, Shalabi A, Wredmark T. Semitendinosus muscle in anterior cruciate ligament surgery: morphology and function. *Arthroscopy.* 2001;17:808-17.
8. Tadokoro K, Matsui N, Yagi M, Kuroda R, Kurosaka M, Yoshiya S. Evaluation of hamstring strength and tendon regrowth after harvesting for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2004;32:1644-50.
9. Hiemstra LA, Webber S, MacDonald PB, Kriellaars DJ. Contralateral limb strength deficits after anterior cruciate ligament reconstruction using a hamstring tendon graft. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2007;22:543-50.
10. Hioki S, Fukubayashi T, Ikeda K, Niitsu M, Ochiai N. Effect of harvesting the hamstrings tendon for anterior cruciate ligament reconstruction on the morphology and movement of the hamstrings muscle: a novel MRI technique. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2003;11:223-7.
11. Kim JG, Yang SJ, Lee YS, Shim JC, Ra HJ, Choi JY. The effects of hamstring harvesting on outcomes in anterior cruciate ligament-reconstructed patients: a comparative study between hamstring-harvested and -unharvested patients. *Arthroscopy.* 2011;27:1226-34.
12. Ardern CL, Webster KE, Taylor NF, Feller JA. Hamstring strength recovery after hamstring tendon harvest for anterior cruciate ligament reconstruction: a comparison between graft types. *Arthroscopy.* 2010;26:462-9.
13. Nakamura N, Horibe S, Sasaki S, et al. Evaluation of active knee flexion and hamstring strength after anterior cruciate ligament reconstruction using hamstring tendons. *Arthroscopy.* 2002;18:598-602.
14. Reid A, Birmingham TB, Stratford PW, Alcock GK, Giffin JR. Hop testing provides a reliable and valid outcome measure during rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Phys Ther.* 2007;87:337-49.
15. Lipscomb AB, Johnston RK, Snyder RB, Warburton MJ, Gilbert PP. Evaluation of hamstring strength following use of semitendinosus and gracilis tendons to reconstruct the anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med.* 1982;10:340-2.
16. Maeda A, Shino K, Horibe S, Nakata K, Buccafusca G. Anterior cruciate ligament reconstruction with multistranded autogenous semitendinosus tendon. *Am J Sports Med.* 1996;24:504-9.
17. Aune AK, Holm I, Risberg MA, Jensen HK, Steen H. Four-strand hamstring tendon autograft compared with patellar tendon-bone autograft for anterior cruciate ligament reconstruction. A randomized study with two-year follow-up. *Am J Sports Med.* 2001;29:722-8.
18. Tashiro T, Kurosawa H, Kawakami A, Hikita A, Fukui N. Influence of medial hamstring tendon harvest on knee flexor strength after anterior cruciate ligament reconstruction. A detailed evaluation with comparison of single- and double-tendon harvest. *Am J Sports Med.* 2003;31:522-9.
19. Choi JY, Ha JK, Kim YW, Shim JC, Yang SJ, Kim JG. Relationships among tendon regeneration on MRI, flexor strength, and functional performance after anterior cruciate ligament reconstruction with hamstring autograft. *Am J Sports Med.* 2012;40:152-62.
20. Chang CB, Yoo JH, Chung BJ, Seong SC, Kim TK. Oblique femoral tunnel placement can increase risks of short femoral tunnel and cross-pin protrusion in anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2010;38:1237-45.
21. Barenius B, Nordlander M, Ponzer S, Tidermark J, Eriksson K. Quality of life and clinical outcome after anterior cruciate ligament reconstruction using patellar tendon graft or quadrupled semitendinosus graft: an 8-year follow-up of a randomized controlled trial. *Am J Sports Med.* 2010;38:1533-41.
22. Lidén M, Ejerhed L, Sernert N, Laxdal G, Kartus J. Patellar tendon or semitendinosus tendon autografts for anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective, randomized study with a 7-year follow-up. *Am J Sports Med.* 2007;35:740-8.
23. Gobbi A, Domzalski M, Pascual J, Zanazzo M. Hamstring anterior cruciate ligament reconstruction: is it necessary to sacrifice the gracilis? *Arthroscopy.* 2005;21:275-80.
24. Eriksson K, Larsson H, Wredmark T, Hamberg P. Semitendinosus tendon regeneration after harvesting for ACL reconstruction. A prospective MRI study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1999;7:220-5.
25. Makiyama Y, Nishino A, Fukubayashi T, Kanamori A. Decrease of knee flexion torque in patients with ACL reconstruction: combined analysis of the architecture and function of the knee flexor muscles. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006;14:310-7.

26. Seto JL, Orofino AS, Morrissey MC, Medeiros JM, Mason WJ. Assessment of quadriceps/hamstring strength, knee ligament stability, functional and sports activity levels five years after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 1988;16:170-80.
27. Risberg MA, Holm I. The long-term effect of 2 postoperative rehabilitation programs after anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled clinical trial with 2 years of follow-up. *Am J Sports Med.* 2009;37:1958-66.
28. Tibone JE, Antich TJ, Fanton GS, Moynes DR, Perry J. Functional analysis of anterior cruciate ligament instability. *Am J Sports Med.* 1986;14:276-84.



# Flexor Weakness and Clinical Outcomes after Hamstring Harvest in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Comparison of Single- and Double-Tendon Harvesting Techniques

Sung Rak Lee, M.D.\*, Jin Goo Kim, M.D., Jeong Ku Ha, M.D., Sung Tae Kim, M.D., and Sang Bum Kim, M.D.

*Department of Orthopedic Surgery, Seoul Paik Hospital, Inje University, Seoul, \*Sarang Hospital, Incheon, Korea*

**Purpose:** To compare of the flexion weakness and clinical outcomes of patients who underwent an anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction between semitendinosus (ST) group and semitendinosus and gracilis (ST & G) group.

**Materials and Methods:** The patients who underwent ACL reconstruction by autologous hamstring tendon and were followed up for more than 2 years; for more than 2 years were studied. We excluded females; Thus, 41 of ST group and 30 of ST & G group, retrospectively, were evaluated. Outcomes were assessed by the Lysholm knee score, Tegner activity score, KT-2000 side-to-side difference and functional performance tests. The flexion deficit and isokinetic peak torque for knee flexion were measured in the sitting position, and the flexion torque at deep flexion was measured in the prone position using a Biodex System III dynamometer.

**Results:** No statistically significant differences were observed between the two groups in terms of clinical and functional performance tests. In operated limb, significant knee flexion weakness at the isokinetic peak torque for knee flexion was observed, but no statistically significant differences were found between the two groups. Especially, a significantly smaller deep knee flexion deficit was observed in the ST group than in the ST & G group ( $p < 0.01$ ).

**Conclusion:** After ACL reconstruction by hamstring autograft, a greater knee flexion weakness was observed. Especially a significantly greater deep knee flexion deficit was observed in the ST & G group than in the ST group.

**Key words:** hamstring, semitendinosus, gracilis, flexion deficit, anterior cruciate ligament reconstruction

**Received** November 1, 2011 **Revised** January 25, 2012 **Accepted** March 12, 2012

**Correspondence to:** Jin Goo Kim, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Sports Medical Center, Seoul Paik Hospital, Inje University, 9, Mareunnae-ro, Jung-gu, Seoul 110-032, Korea

**TEL:** +82-2-2270-0025 **FAX:** +82-2-2270-0048 **E-mail:** boram107@hanmail.net