

## 새로운 수술적응증에 의한 골 미성숙 전방십자인대 손상 환자에서의 성장판을 통과하는 전방십자인대 재건술의 결과

영남대학교 의과대학 정형외과학교실

이동철 · 손욱진 · 박철현 · 권문수

### Clinical Results of ACL Reconstruction in the Immature Adolescent via Transphyseal Approach in Tibia Based on a New Indication Paradigm

Dong Chul Lee, M.D., Oog Jin Shon, M.D., Chul-hyun Park, M.D., Moon Soo Kwon, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Yeung-Nam University Hospital, Daegu, Korea

**Purpose:** To evaluate clinical and radiologic outcomes of transphyseal anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction in patients with open physes who were selected with authors' new operative indications.

**Materials and Methods:** We evaluated 15 patients with open physes who underwent a transtibial ACL reconstruction and were followed up for 4~6 years after surgery. Our operative indications involved 1) chronologic age of  $\geq 16$  in male and  $\geq 14$  in female, 2) open physes of  $\leq 2$  mm width, and 3) Risser sign and Tanner stage of  $\geq 3$ . Tibialis anterior tendon allograft was used in all patients, and endobutton and bioscrew were used for femoral and tibial fixations, respectively. Functional outcomes were evaluated using Lysholm Knee Scoring scale, Tegner activity scale, and International Knee Documentation Committee (IKDC) 2000 subjective score. Physical examinations to evaluate stability involved Lachman and pivot shift tests. For radiographic results, we evaluated side to side differences of anterior displacement in stress views. In addition, with use of scannograms taken at last follow-up, we examined side to side differences of femorotibial angles, anatomical and mechanical lateral distal femoral angles, mechanical medial proximal tibial angles and leg lengths.

**Results:** The mean Lysholm Knee score was 51(40-61) points preoperatively and 97(94-100) points at last follow up. The mean Tegner activity score was 2.6 points preoperatively and 7.1 points at last follow up. The mean IKDC score was 32.6 points preoperatively and 88.3 points at last follow up. The mean anterior displacement of the tibia was improved from  $6.7(\pm 1.0)$  mm to  $1.9(\pm 0.9)$  mm. There were no leg length discrepancies over 5 mm and no statistically significant differences in all the radiographic variables representing growth disturbance.

**Conclusion:** This study suggests that patients with open physes who selected by authors' new indication would safely undergo transphyseal ACL reconstruction with successful outcomes.

**KEY WORDS:** Anterior cruciate ligament reconstruction, Open physes, Growth disturbance

\* Address reprint request to

**Shon Oog Jin, M.D.**

Department of Orthopedic Surgery, Yeung-Nam University Hospital,  
317-1, Daemyung 5-dong, Nam-gu, Daegu, Korea  
Tel: 82-53-620-3640, Fax: 82-53-628-4020  
E-mail: ossoj@med.yu.ac.kr

\* 본 논문의 요지는 2011년 춘계 대한관절경-정형외과스포츠의학회 합동 학술대회에서 발표되었음.

\* 본 논문의 요지는 2011년 제 21차 한일 합동 정형외과 학술대회에서 발표되었음.

접수일: 2011년 8월 4일 게재심사일: 2011년 11월 14일

게재승인일: 2012년 1월 27일

## 서 론

골 성장이 남아있는 골 미성숙 환자에서 전방십자인대 손상은 최근 들어 활발한 스포츠 참여의 증가로 그 빈도가 증가하는 추세이며, 대부분이 고에너지 손상으로 일어나 동반된 반월상 연골판 손상으로 인한 조기 관절증의 발생 위험성이 높아 적절한 치료가 필요하다.<sup>1-5)</sup> 보존적인 치료법은 환자의 순응도와 활동량이 많아 임상적으로 좋지 않은 결과를 나타내고 있다는 보고가 있으며, 불안정성과 추가적인 반월상 연골판 손상을 막지 못한다고 하였다.<sup>2,3,6)</sup> 반면에 성장판을 보존

하거나 성장판을 통과하는 전방십자인대 재건술을 시행함에 따라 성장장애 없이 좋은 임상적 결과를 나타낸다는 연구들이 보고되고 있다.<sup>3,4)</sup> 그러나 재건술 시행 시에 성장판 손상에 대한 문제가 제기됨에 따라 수술 적응증의 선별에 대한 문제와 술식에서 성장판의 통과 여부에 따른 여러 연구들이 보고되었다. 성장판을 통과하지 않는 재건술이 비교적 좋은 임상적인 결과를 나타내었으나 불안정성이 술 후에도 지속되는 문제가 보고되었다.<sup>4,7)</sup> 성장판을 통과하는 술식은 성장판 손상의 문제를 제외하면 해부학적으로 이식건을 위치할 수 있다는 장점이 있고, 최근 여러 연구들에서 이러한 술식을 시행한 뒤 좋은 임상적 결과와 성장에 영향을 주지 않는다고 보고하고 있다.<sup>8-11)</sup> 그러나 성장판 손상을 최소화하는 술식에 초점을 맞춘 연구들은 많았으나 환자의 선택이나 적절한 시기 등의 수술 적응증에 대한 보고는 많지 않은 실정이다. 따라서 저자들은 성장판이 열려있는 골 미성숙 환자들 중에서 연령과 골 성숙도 및 성 성숙도, 경골 단판의 개방 정도를 기준으로 새로운 수술 적응증을 설정하여, 성장판을 통과하는 전방십자인대 재건술을 시행하여 성장이 완료되고 난 뒤에 임상적인 결과와 성장장애의 발생 여부에 대하여 조사하였다.

## 대상 및 방법

### 1. 연구 대상

2005년 1월부터 2007년 1월까지 전방십자인대가 완전 파열된 환자 가운데 성장판이 열려있는 환자를 대상으로 성장

판을 통과하는 전방십자인대 재건술을 시행한 환자 15명을 대상으로 하였다. 성장판을 통과하는 전방십자인대 재건술의 적응증으로 추후 성장가능성에 근거하여 연령과 성장판 개방 정도 및 골 성숙도와 성 성숙도를 기준으로 잔여 성장의 가능성이 낮을 것으로 예상되는 기준을 설정하였다. 기존에 Kim 등<sup>5)</sup>은 성장 잠재력이 낮아 임상적으로 성장판 손상을 배제할 수 있는 역연령을 남자는 16세, 여자는 14세 이상으로 제시하였다. 추가적으로 성장판의 개방 정도는 2 mm 이하로 열린 경우로, 골 성숙도는 Risser sign으로 평가하였는데 남자 16세, 여자 14세 이상일 경우에 3 이상을 나타내었으며, 향후 성장가능기간이 남자와 여자 모두에서 약 2년 정도였다.<sup>5)</sup> 성 성숙도를 나타내는 Tanner stage에서도 stage 3을 남자는 약 12~16세, 여자는 10~14세로 보고하여 3 이상으로 설정하였다(Fig. 1). 수술 당시 평균 연령은 15.6세(14-17)였다. 성별은 남자가 10명, 여자가 5명이었으며, 수상 부위는 우측이 9명, 좌측이 6명이었다. 손상 기전으로는 스포츠 관련 손상이 8명(53.4%), 실족 사고가 5명(33.3%), 낙상이 2명(13.3%)으로 나타났다. 수술 당시의 골연령을 측정한 방법으로는 단순 골반 전후면 방사선 촬영을 통해 Risser sign<sup>5)</sup>과 신체 검사를 시행하여 Tanner stage로 성 성숙도를 측정하였다. 수술 당시 Risser sign 3은 11명, 4는 4명이었고, Tanner 3은 10명, 4는 5명이었다. 수술까지의 기간은 7.4개월(0.66-30)이었다. 동반된 반월상 연골판 손상은 10명(66.7%)을 나타내었고, 그 중 외측 반월판 연골 손상이 5명(50%), 내측 반월판 연골 손상이 5명(50%)이었다. 이 중 수술적으로 반월상 연골판 봉합술 시행을 8명, 연골판 부분 절제술을 2명 시행하였다.

**Table 1.** Dermographic Patients Data

Patient No.	Sex	Age	Injured knee	Time to surgery (month)	Risser sign	Tanner stage
1	F	14	Rt	0.66	3	3
2	F	14	Rt	1	3	3
3	F	14	Lt	6	3	3
4	F	15	Rt	4	3	4
5	M	16	Rt	1	3	3
6	M	16	Rt	2	3	3
7	M	16	Lt	24	3	3
8	M	16	Rt	3	3	3
9	F	16	Lt	1	4	3
10	M	16	Rt	6	3	3
11	M	16	Rt	3	3	3
12	M	16	Lt	4	3	4
13	M	16	Lt	30	4	4
14	M	16	Rt	12	4	4
15	M	17	Lt	13	4	4
Mean (±SD)	-	15.6	-	7.4±8.9	3.3±0.5	3.3±0.5



**Fig. 1.** (A) Preoperative radiographs in anteroposterior and lateral views showing open physes (<2 mm) and (B) Risser sign 3 in pelvic anteriorposterior view.

총 추시 기간은 4.3년(4-6)으로 나타났다(Table 1).

## 2. 수술 방법

수술은 관절경 수술 시 일반적으로 사용하는 전내측 및 전외측 삽입구를 통하여 관절경을 삽입한 뒤 손상 정도를 파악하였다. 경골 부착부의 잔여조직을 완전히 제거하지 않고 조금 남겨두고 최소한의 절흔 성형술을 시행한 뒤 필요한 경우 반월상 연골판 봉합술을 시행하였다. 성장판을 통과하는 경골 전방십자인대 재건술을 시행하였다. 경골 부착부의 안내핀을 C-형 투시 장치(C-arm) 도움 하에 경골부 안내핀은 시상면에서 5° 각도로, 성장판에서 원위부로 약 1.0 cm, 성장판 중앙점에서 내측으로 약 0.5 cm로 위치하였고 경골 단판을 통과할 때에는 되도록 중앙선상에, 수직이 되도록 뚫었다. 8 mm 드릴을 이용하여 뚫은 뒤, 환자의 골격에 따라 8 mm 혹은 9 mm까지 확공기를 이용하여 확공을 하였다. 관절경 하에 대퇴골의 전방십자인대 기시부로 이식될 동종건의 길이를 고려하여 10시 30분 방향으로 약 38 mm 터널을 뚫었다. 사용된 이식건은 높은 인장 강도와 강성도의 특징을 가지는 동종 전경골건을 사용하였으며, 대퇴골 부위 고정엔 EndoButton CL (Smith & Nephew Inc., Andover, MA, USA)을 사용하였고 그 후 원위 이식건을 당긴 상태에서 슬관절 굴곡-신전운동을 20회 반복하는 cycling loading을 시키면서 충돌이 일어나지 않는지와 안정성을 점검하였다. 경골부 고정은 나사못 및 와셔를 이용한 post-tie 고정과 Bioscrew (CONMED Linvatec, Largo, FL, USA)를 사용하여 고정하였다(Fig. 1, 2). 수술 후 연골판 손상이 없는 경우는 수술 후 첫째 날부터 보조기를 착용한 뒤 굴곡 및 신장을 0°로 고정한 뒤 체중부하와 continuous passive motion (CPM) 운동을 시행하여 최대 슬관절 운동범위까지 늘린 후



**Fig. 2.** Anteroposterior and lateral radiographs from immediate postoperative scan confirming transphyseal tunnel placement and hardware away from physes.

6주 후 보조기를 제거하였다.

## 3. 치료 결과의 평가

최종 추시 상 20.9세(17.9-23.2)였고 모든 환자에서 Risser sign 5, Tanner stage 5로 성장이 완료된 상태를 보였다. 술 전과 술 후의 추시 기간까지의 신장의 차이는 약 2.1(±0.3)로 나타났다. 임상적인 결과의 평가는 Lysholm knee score, 활동도를 Tegner activity score, 주관적인 만족도를 International Knee Documentation Committee (IKDC) 2000 주관적 평가방법을 사용하여 수술 당시와 최종 추시 시에 설문을 통해 이루어졌으며, 객관적인 검사로는 Lachman test, pivot shift test를 시행하였다. 방사선학적 평가는 Telos를 이용하여 pull stress view로 전측과의 차

이를 측정하였고, 대퇴경골각, 해부학적 및 역학적 외측 원위 대퇴각과 역학적 내측 근위 경골각을 건측과 비교 분석하였고 scannogram을 통해 하지부동을 측정하였다(Fig. 3). 통계 방법으로는 SPSS version 18 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 통계 프로그램으로 독립 T 검정법을 이용하였으며, P값이 0.05 이하인 경우를 유의한 것으로 판단하였다.

## 결 과

### 1. 임상적 평가

Lysholm knee score scale은 술 전 평균 51점(±7.3)이었고 최종 추시 상 평균 97점(±2.1)으로 호전되었다. IKDC 주관적 평가점수는 술 전 평균 32.6점(±4.3)에서 최종 추시 상 평균 88.3점(2.2)으로 호전되었다. Tegner activity level scale로 평가한 스포츠로 복귀 정도는 술 전 평균 2.6점(±0.5)에서 술 후 7.1점(±0.5)의 활동도로 복귀하였다(Table 2). 객관적인 검사로 Lachman 검사 상 술 전 2등급이 12예, 3등급이 3예로 나타났으나 최종 추시 상 1등급으로 나타난 1예를 제외하고, 모두 검사 상 음성소견의 안정성을 보였다. Pivot shift 검사에서도 술 전 2등급이 6예, 3등급이 9예로 나타났으나 최종 추시 상 1등급으로 나타난 2예를 제외하고, 모두 음성소견을 보였다.

### 2. 방사선학적 평가

경골의 전방 전위도의 건측과의 차이는 수술 전 6.7(±1.0)

mm, 최종 추시 상 1.9(±0.9)를 나타내었다. 골 변형을 평가하기 위하여 측정한 대퇴경골각은 정상측은 평균 6.4°(±0.9), 병변측은 평균 6.6°(±0.9)였고, 차이는 0.73°(P=0.314)였다. 해부학적 외측 원위 대퇴각(anatomic lateral distal femoral angle, aLDFA)은 정상측은 평균 82.0°(±2.2), 병변측은 평균 81.7°(±2.3), 차이는 0.94°(P=0.175)였다. 역학적 외측 원위 대퇴각(mechanical lateral distal femoral angle, mLDFFA)은 정상측은 평균 86.4°(±1.4), 병변측은 평균 85.9°(±1.8), 차이는 1.0°(P=0.241)였다. 역학적 내측 근위 경골각(mechanical medial proximal tibial angle, mMPTA)은 정상측은 평균 86.2°(±1.8), 병변측은 평균 86.6°(±1.5), 차이는 1.07°(P=0.342)였다. 독립 T 검정법으로 분석한 통계상 모든 각에서 유의한 차이를 나타내지 않았다(P>0.05). Scannogram 상 평균 하지부동의 정도는 0.15(±0.2) cm를 나타내었다(Table 3).

### 3. 반월상 연골판 손상

동반된 반월상 연골판 손상은 총 10명(66.7%)에서 관찰되었다. 내측과 외측 반월상 연골판이 각각 5예로 방향의 차이는 없었으며, 종주 파열이 4예, 양동이 손잡이형 파열이 3예, 수평 파열이 3예로 나타났다. 이 중 8예에서 반월상 연골판 봉합술을 시행하였고, 2예에서 부분 반월상 연골판 절제술을 시행하였다.

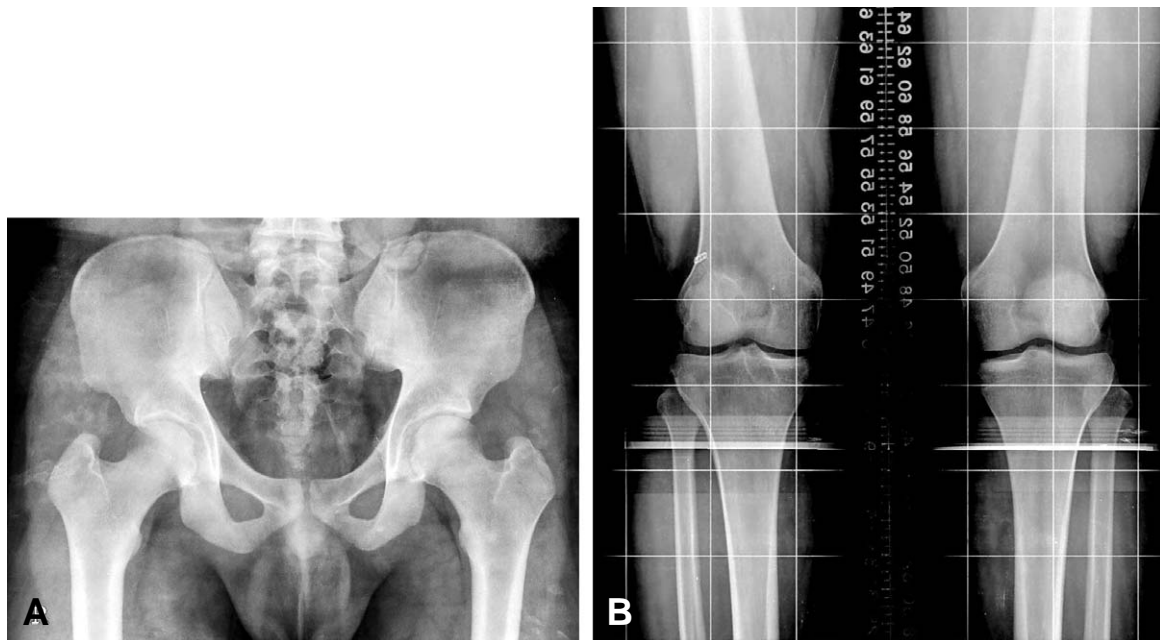


Fig. 3. (A) Postoperative radiographs in pelvic anterior-posterior view showing Risser sign 5. (B) Bilateral antero-posterior view of lower limbs showing closed physes at postoperative 4 years.

**Table 2.** Clinical Outcomes

Patient No.	Lysolm score		Tegner activity score		IKDC	
	Pre-op	Last	Pre-op	Last	Pre-op	Last
1	61	95	3	7	28.7	86.2
2	42	99	2	7	29.9	87.4
3	60	98	3	7	31.0	85.1
4	51	95	3	7	34.5	90.8
5	45	94	2	7	34.5	88.5
6	47	99	2	7	33.3	89.7
7	56	96	3	7	28.7	92.0
8	41	93	2	6	32.2	85.1
9	50	97	3	7	27.6	87.4
10	60	100	3	8	29.9	86.2
11	55	96	3	7	27.6	90.8
12	59	98	3	7	32.2	87.4
13	47	100	2	8	40.2	90.8
14	51	97	3	7	36.8	89.7
15	40	98	2	7	41.4	88.5
Mean ( $\pm$ SD)	51 $\pm$ 7.3	97 $\pm$ 2.1	2.6 $\pm$ 0.5	7.1 $\pm$ 0.5	32.6 $\pm$ 4.3	88.3 $\pm$ 2.2

Per-op: pre-operative, IKDC: International Knee Documentation Committee.

**Table 3.** Radiologic Outcomes

Patient No.	Stress difference (mm)		LLD (cm)	Femorotibial angle		aLDFA		mLDFA		mMPTA	
	Pre-op	Last		Normal	Lesion	Normal	Lesion	Normal	Lesion	Normal	Lesion
1	7	2	0	5	5	78	79	85	87	85	86
2	7	3	0.5	4	5	80	81	86	86	89	87
3	6	1	0	7	8	81	79	84	83	88	87
4	5	1	0	7	7	80	79	84	82	89	90
5	5	1	0.5	6	8	81	81	87	87	87	87
6	6	1	0.5	6	7	83	82	86	85	86	85
7	6	2	0	7	6	80	80	86	87	84	86
8	8	3	0	7	7	82	83	87	87	86	85
9	8	3	0	6	7	81	79	86	84	83	84
10	7	1	0.25	7	6	84	82	88	86	86	88
11	8	3	0	8	7	86	87	89	89	84	86
12	7	2	0	7	6	84	82	87	85	87	87
13	6	1	0.5	7	8	83	84	86	87	88	88
14	8	3	0	6	6	85	84	88	87	85	86
15	7	1	0	6	6	83	83	87	87	86	87
Mean ( $\pm$ SD)	6.7 $\pm$ 1.0	1.9 $\pm$ 0.9	0.1 $\pm$ 0.2	6.4 $\pm$ 0.9	6.6 $\pm$ 0.9	82.0 $\pm$ 2.2	81.7 $\pm$ 2.3	86.4 $\pm$ 1.4	85.9 $\pm$ 1.8	86.2 $\pm$ 1.8	86.6 $\pm$ 1.5

Pre-op: pre-operative, LLD: leg length discrepancy, aLDFA: anatomic lateral distal femoral angle, mLDFA: mechanical lateral distal femoral angle, mMPTA: mechanical medial proximal tibial angle.

## 고 찰

최근 들어 성장기 청소년들의 레크레이션이나 스포츠에 대한 참여도가 높아지면서 전방십자인대 손상이 증가하는 추세이며 의학적인 관심과 자기공명영상과 같은 진단 방법의 발달로 발병률이 높아지고 있다.<sup>6-8,12-14</sup> 성장판이 열려있는 환자에서 전방십자인대 손상에 대한 치료는 보존적인 치료와 수술적 치료의 합병증의 문제로 여전히 논란이 되고 있다. 보존적인 치료에 대해서는 낮은 순응도와 슬관절 불안정성을 초래해 이차적인 슬관절 손상을 야기하며, 여러 연구에서도 낮은 치료 성공률을 보이고 있다.<sup>7</sup> 따라서 적절한 시기에 수술적인 치료를 시행하는 것이 추천되고 있다. 성장이 남아있는 미성숙 골격에서의 전방십자인대 재건술식에는 크게 두 가지가 있는데, 성장판을 통과하는 관절 내 술식과 성장판을 통과하지 않는 관절 내 술식이 널리 쓰이고 있다. Kocher 등<sup>8</sup>은 성장판을 통과하는 술식은 성장판에 손상을 일으켜 임상적으로 하지부동이나 골 각변형을 일으킨다고 보고한 바 있다. Mizuta 등<sup>6</sup>은 미성숙 골격에서 성장이 완료된 후에 재건술을 시행하는 치료를 시행해보았지만 치료 결과가 좋지 않아 더 이상 추천되지 않는다고 보고하였다. 따라서 성장판 손상을 피하기 위한 술식에 대한 연구가 등장하였다. Micheli 등<sup>12</sup>은 자가 장경인대를 이용한 대퇴골과 경골 단판 모두 통과하지 않는 술식으로 좋은 결과를 얻었다고 보고하였으나 Barber<sup>13</sup>는 이식건의 비해부학적 위치에 따른 추가적인 이식건의 긴장도로 인한 장기적인 이식건의 기능에 대한 문제를 제기하였다. 또한 해부학적으로 이식건을 위치하는 성장판 통과 술식에 비해 슬관절 불안정성이 야기되어 추가적인 반월상 연골판 손상이나 골연골 손상을 초래할 수 있음을 보고하였다. Chudik 등<sup>14</sup>은 대퇴골 단판을 보존하면서 경골 단판을 통과하는 술식을 동물실험에서 사용하여 대퇴골 각변형을 줄일 수 있지만 회전변형 등을 일으킨다고 보고하였다. Anderson<sup>15,16</sup>은 자가 슬괵건을 이용하여 대퇴골과 경골 단판 모두 통과하지 않는 술식을 Tanner stage 3 이하인 환자에게 사용하여 좋은 결과를 얻었으나 Tanner stage 4 이상의 성 성숙도를 보이는 환자에게는 역학적으로 안정성이 있는 성장판을 통과하는 재건술이 추천된다고 하였다. 따라서 성장판을 통과하는 술식은 성장판 손상의 문제만 배제한다면 성장판이 열린 환자에서도 이상적인 재건술이 될 것이다. 성장판을 통과하는 술식을 시행한 여러 연구에서 임상적으로 유의한 성장장애 없이 만족할 만한 결과를 얻었다고 보고하고 있다.<sup>9,17-20</sup> Guzzanti 등<sup>20</sup>은 토끼를 이용한 동물실험에서 대퇴골과 경골 단판의 단면적에서 터널 면적이 4% 이하로 통과할 경우에서 성장장애를 줄일 수 있다고 보고하였고, Janarv 등<sup>9</sup>은 나이가 5% 이하에서는 성장판 손상을 일으키지 않았고, 7% 이상을 통과하였을 경우에 하지부동이 발생한다고 보고하였다. Cohen 등<sup>10</sup>은 이를 토대로 임상적 연구에서 터널의 단면적을 8 mm 정도로 통과시켜 성장장애 없이 좋은 임상적 결과

를 얻었다고 보고하였다. Nikolaou 등<sup>21</sup>은 가능하면 각변형을 줄이기 위하여 터널의 위치를 되도록 경골 단판의 중심을 향하도록 하며, 이식건은 터널 면적과 차이가 없이 충분히 채워져야 한다고 보고하였다. Shea 등<sup>22</sup>은 미성숙 골격에서 근위부 경골의 견인골단을 자기공명영상을 통해 해부학적으로 위치를 파악하여 견인골단의 손상을 최소화하기 위하여 슬개건의 내측 경계로부터 내측방향으로 위치하여야 하며 각도는 경골 단판의 수직에 가깝게 뚫는 수술적인 방법이 요구된다고 보고하였다. Kocher 등<sup>8</sup>은 성장장애가 발생한 환자를 후향적으로 조사한 결과 간섭나사, 스테이플 혹은 관통고정나사의 위치가 성장판을 통과하는 위치에 있는 것을 확인하고 이러한 고정물을 되도록이면 피할 것을 권장하였다. 이처럼 여러 저자들에게 의하여 성장판을 통과하여도 슬기에 따라 손상을 줄일 수 있는 방법들이 보고되어왔다. 이식건의 선택에서는 자가 슬괵건 혹은 자가 장경인대 등을 사용하여 왔다. 그러나 성장이 미숙한 환자에서 자가 장경인대는 충분한 길이와 장력을 제공하지 못하는 경우가 발생하였고, 대퇴골과 경골의 등장점을 맞추는데 어렵다는 보고가 있다.<sup>8</sup> 또한 자가 골-슬개건-골 이식은 성장판이 열려있는 환자에서는 금기이다. 최근 들어 동종 전경골건이 인대의 최대 인장 강도 실험에서 비골건, 전방십자인대, 골-슬개건-골, 슬건의 인장 강도보다 높게 나타났고, 동종건에서도 인대화의 과정과 재혈관화가 일어난다는 연구결과로 동종 전경골건의 장점이 보고되고 있다.<sup>11,23</sup> 따라서 본 연구에서는 수술 적응증에 포함되는 환자에서 동종 전경골건을 사용하였다.

이러한 수술적인 방법에 대한 연구들은 많이 보고가 되어왔으나, 성장판을 통과하여도 하지부동이나 각변형을 일으키지 않을 정도의 환자의 나이, 골연령, 성 성숙도를 통한 재건술의 적절한 시기 등, 수술 적응증에 대한 보고는 많지 않은 실정이다. Aronowitz 등<sup>11</sup>은 Greulich-pyle 방법으로 골연령을 측정하여 14세 이상에서 동종 아킬레스건을 사용하여 9~10 mm 터널을 뚫어 재건술을 시행한 뒤 임상적인 성장장애가 없었다고 보고하면서 골연령이 14세 미만인 환자에서는 보존적인 치료로 수술의 시기를 늦춰야 한다고 주장하였다. Kim 등<sup>8</sup>은 대퇴골과 경골의 성장이 남자는 16세, 여자는 14세에서 성장 잠재력이 적다는 이론을 토대로 성장판을 통과하는 술식 후 임상적인 성장판 손상이 없었다고 보고하였다. Paletta<sup>23</sup>는 성숙도 정도를 chronologic age와 부모나 형제 자매의 신장과의 차이, 신장의 급증의 여부, 성 성숙도를 평가하고, 방사선적으로 슬관절 전후면 방사선 촬영상 성장판의 개방정도, 골반 전후면 방사선 촬영으로 Risser sign 등을 평가하여 재건술 시기를 결정할 수 있을 것이라고 보고하였다. 성 성숙도를 기준으로 할 경우, Nikolaou 등<sup>21</sup>은 평균 연령이 약 13세의 Tanner stage 2, 3인 환자에서 성장장애 없이 좋은 임상적 결과를 얻었다고 보고하였고, Kocher 등<sup>8</sup>은 Tanner stage 3, 4인 환자를 대상으로 시행하여 좋은 결과를 얻었다고 하였다.

본 연구에서는 잠재적인 성장 가능성을 고려한 뒤 새롭게 수술 적응증을 설정하였다. 역연령으로는 남자는 16세, 여자는 14세 이상, 성장판이 2 mm 이하로 열린 경우와 Risser sign, Tanner stage 3 이상인 환자를 대상으로 하였고, 술식에서도 성장판의 중앙에 가깝게, 보다 수직으로 터널을 위치하게 하였고, 9 mm 정도의 터널을 뚫음으로써 성장판 손상을 최소화하였다. 이러한 연구 결과 1 cm 이상의 하지부동이나 슬관절 정렬 이상 등의 성장장애는 발생하지 않았고, 만족할 만한 임상적 및 방사선학적 결과를 얻었다.

## 결 론

역연령과 골연령 및 성 성숙도를 고려한 새로운 수술 적응증을 설정하여 성장판을 통과하는 동종 전경골건을 이용한 전방십자인대 재건술에서 술 후 좋은 임상적 안정성과 활동도의 복귀 및 주관적인 만족도를 얻었으며, 방사선학적으로 유의한 골 변형은 관찰되지 않아 좋은 치료법으로 생각된다.

## REFERENCES

- Lo IK, Bell DM, Fowler PJ. Anterior cruciate ligament injuries in the skeletally immature patient. *Instr Course Lect.* 1998;47:351-9.
- Mohtadi N, Grant J. Managing anterior cruciate ligament deficiency in the skeletally immature individual: a systematic review of the literature. *Clin J Sport Med.* 2006;16:457-64.
- Graf BK, Lange RH, Fujisaki CK, Landry GL, Saluja RK. Anterior cruciate ligament tears in skeletally immature patients: meniscal pathology at presentation and after attempted conservative treatment. *Arthroscopy.* 1992;8:229-33.
- Gebhard F, Ellermann A, Hoffmann F, Jaeger JH, Friederich NF. Multicenter-study of operative treatment of intraligamentous tears of the anterior cruciate ligament in children and adolescents: comparison of four different techniques. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006;14:797-803.
- Kim HJ, Yoon JR, Modi C, Modi H, Song HR, Song SY. Interrelationship of the Risser sign, knee epiphysis, and bone age in determining skeletal maturity: a case-control study. *J Pediatr Orthop B.* 2011;20:173-7.
- Mizuta H, Kubota K, Shiraiishi M, Otsuka Y, Nagamoto N, Takagi K. The conservative treatment of complete tears of the anterior cruciate ligament in skeletally immature patients. *J Bone Joint Surg Br.* 1995;77:890-4.
- Pavlovich R Jr., Goldberg SH, Bach BR Jr. Adolescent ACL injury: treatment considerations. *J Knee Surg.* 2004;17:79-93.
- Kocher MS, Smith JT, Zoric BJ, Lee B, Micheli LJ. Transphyseal anterior cruciate ligament reconstruction in skeletally immature pubescent adolescents. *J Bone Joint Surg Am.* 2007;89:2632-9.
- Janarv PM, Wikström B, Hirsch G. The influence of transphyseal drilling and tendon grafting on bone growth: an experimental study in the rabbit. *J Pediatr Orthop.* 1998;18:149-54.
- Cohen M, Ferretti M, Quarteiro M, et al. Transphyseal anterior cruciate ligament reconstruction in patients with open physes. *Arthroscopy.* 2009;25:831-8.
- Aronowitz ER, Ganley TJ, Goode JR, Gregg JR, Meyer JS. Anterior cruciate ligament reconstruction in adolescents with open physes. *Am J Sports Med.* 2000;28:168-75.
- Micheli LJ, Rask B, Gerberg L. Anterior cruciate ligament reconstruction in patients who are prepubescent. *Clin Orthop Relat Res.* 1999;(364):40-7.
- Barber FA. Anterior cruciate ligament reconstruction in the skeletally immature high-performance athlete: what to do and when to do it? *Arthroscopy.* 2000;16:391-2.
- Chudik S, Beasley L, Potter H, Wickiewicz T, Warren R, Rodeo S. The influence of femoral technique for graft placement on anterior cruciate ligament reconstruction using a skeletally immature canine model with a rapidly growing physis. *Arthroscopy.* 2007;23:1309-19.
- Anderson AF. Transepiphyseal replacement of the anterior cruciate ligament using quadruple hamstring grafts in skeletally immature patients. *J Bone Joint Surg Am.* 2004;86:201-9.
- Anderson AF. Transepiphyseal replacement of the anterior cruciate ligament in skeletally immature patients. A preliminary report. *J Bone Joint Surg Am.* 2003;85:1255-63.
- Henry J, Chotel F, Chouteau J, Fessy MH, Bérard J, Moyon B. Rupture of the anterior cruciate ligament in children: early reconstruction with open physes or delayed reconstruction to skeletal maturity? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2009;17:748-55.
- Kaeding CC, Flanigan D, Donaldson C. Surgical techniques and outcomes after anterior cruciate ligament reconstruction in preadolescent patients. *Arthroscopy.* 2010;26:1530-8.
- McIntosh AL, Dahm DL, Stuart MJ. Anterior cruciate ligament reconstruction in the skeletally immature patient. *Arthroscopy.* 2006;22:1325-30.
- Guzzanti V, Falciglia F, Gigante A, Fabbriani C. The effect of intra-articular ACL reconstruction on the growth plates of rabbits. *J Bone Joint Surg Br.* 1994;76:960-3.
- Nikolaou P, Kalliakmanis A, Bousgas D, Zourntos S. Intraarticular stabilization following anterior cruciate ligament injury in children and adolescents. *Knee Surg Sports*

- Traumatol Arthrosc. 2011;19:801-5.
22. Shea KG, Apel PJ, Pfeiffer RP, Traughber PD. The anatomy of the proximal tibia in pediatric and adolescent patients: implications for ACL reconstruction and prevention of physeal arrest. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2007;15:320-7.
23. Paletta GA Jr. Special considerations. Anterior cruciate ligament reconstruction in the skeletally immature. *Orthop Clin North Am.* 2003;34:65-77.

**초 록**

**목적:** 새로운 수술 적응증으로 선별한 성장판이 열려있는 전방십자인대 손상 환자에서 성장판을 통과하는 전방십자인대 재건술 후 임상적 및 방사선적 결과를 분석하고자 하였다.

**대상 및 방법:** 2005년 1월부터 2007년 1월까지 성장판이 열린 환자에서 성장판을 통과하는 십자인대 재건술을 시행한 환자 15명을 대상으로 평균 4.3년(4-6) 추시하였다. 수술 적응증은 역연령이 남자는 16세, 여자는 14세 이상이고, 성장판이 2 mm 이하로 열려있는 경우와 Risser sign과 성 성숙도(Tanner stage) 3 이상으로 설정하였다. 사용된 이식건은 모두 동종 전경골건을 사용하였으며, 대퇴골과 경골 부위 고정은 각각 endobutton과 bioscrew로 시행하였다. 기능적 평가는 Lysholm knee score scale과 Tegner activity level scale, International Knee Documentation Committee (IKDC) 2000 subjective score를 조사하였다. 이학적 검사상 안정성은 Lachman과 pivot shift 검사로 평가하였다. 방사선적 평가는 stress 영상에서 건측과의 전방 전위의 차이와, 최종 추시 시 scannogram상 양측간 하지부동정도, 대퇴경골각, 해부학적 및 역학적 외측 원위 대퇴각, 역학적 내측 근위 경골각의 차이로 하였다.

**결과:** Lysholm knee score scale은 술 전 평균 51점에서 술 후 최종 추시 상 97점으로, Tegner activity level scale은 술 전 평균 2.6점에서 술 후 7.1점으로, IKDC score는 술 전 평균 32.6점에서 술 후 88.3점으로 호전되었다. 건측과의 전방 전위의 차이는 술 전 평균 6.7(±1.0) mm에서 술 후 평균 1.9(±0.9) mm로 호전되었다. 골 변형을 평가하기 위한 모든 영상 지표들은 건측과 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으며, Scannogram 상 하지부동은 평균 1.5 mm로 5 mm를 초과하는 하지부동은 관찰되지 않았다.

**결론:** 저자들의 새로운 수술 적응증으로 선별할 경우, 성장판이 열려있는 환자에서도 성장판을 통과하는 전방십자인대 재건술로 유의한 성장장애 없이 좋은 임상적 결과를 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

**색인 단어:** 전방십자인대 재건술, 성장판 개방, 성장장애