

미성숙 골격 환자의 전방십자인대  
파열에서 성장판을 통한 재건술의  
기능적 결과

연세대학교 대학원

의 학 과

박 광 원

미성숙 골격 환자의 전방십자인대  
파열에서 성장판을 통한 재건술의  
기능적 결과

지도교수 김 성 재

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함

2011 년 12월

연세대학교 대학원

의 학 과

박 광 원

# 박광원의 석사 학위논문을 인준함

심사위원\_\_\_\_\_인

심사위원\_\_\_\_\_인

심사위원\_\_\_\_\_인

연세대학교 대학원

2011 년 12 월

## 감사의 글

무엇보다 먼저 석사 논문을 준비하는 과정에서 인내와 지혜로서 이끌어주시고 지도를 아끼지 않으셨던 김성재 교수님께 진심으로 감사 드립니다.

4년 간의 전공의 시절부터 저를 이끌어주시고 지지해주셨던 양익환 교수님께도 고마움을 금할 길이 없습니다.

또 함께 심사를 맡아주시고 논문이 준비되는 과정에서 조언과 함께 많은 도움을 주셨던 임승길 교수님께 깊은 감사의 말씀을 전하고 싶습니다.

마지막으로 저를 이 자리에 있게끔 해주시고, 정형외과 선배로서 든든한 버팀목으로 계셔주셨던 아버지, 그리고 가정을 잘 보살펴 준 사랑하는 아내와 딸 선우에게 고마움을 전합니다

박 광 원

## <차례>

국문요약.....	1
I . 서론.....	4
II . 대상 및 방법.....	7
1. 환자 .....	7
2. 수술 방법.....	8
3. 결과 평가.....	9
4. 통계 분석.....	9
III . 결과.....	10
1. 임상적 결과.....	10
2. 합병증 .....	12
IV . 고찰.....	13
V . 결론.....	19
참고문헌.....	20
ABSTRACT.....	25

## 그림 차례

그림 1. 수상 당시 방사선 사진 .....	6
그림 2. 수술 후 2년 경과 시 방사선 사진 .....	8
그림 3. 수술 후 8년 경과 시 방사선 사진 .....	12

## 표 차례

표 1. 임상 결과 요약 .....	11
표 2. Tegner activity level .....	17

## 국문요약

### 미성숙 골격 환자의 전방 십자 인대 파열에서 성장판을 통한 재건술의 기능적 결과

<지도교수 김 성 재>

연세대학교 대학원 의학과

박 광 원

전방 십자 인대 파열은 젊은 성인에서 비교적 흔하게 발생하는 슬관절의 손상이나, 청소년이나 소아에서 수술을 요하는 경우는 드물다고 알려져 왔으며, 수술적 술기 또한 기술적으로 어려운 것으로 여겨져 왔다. 하지만 저자들은 최근 증가하는 미성숙 골격 환자에서 전방 십자 인대 파열에 대해 성장판을 통과하는 재건술을 시행하고, 그 수술적 결과를 동일 연령 군에서 골격의 성숙이 이루어진 환자와 비교하여 평가하고자 한다.

1993년부터 2008년까지 전방 십자 인대 손상을 주소로 입원하여 수술을 시행 받은 환자 1072명 중에서 18세 이하의 환자 158명 중, 수술 당시의 성장판 개폐 여부를 확인할 수 있으며, 수술 후 2년 이상의 추시가 가능하고, 성장이 종료된 환자 48명을 대상으로 후향적 연구를 진행하였다. 이식건은 자가 슬개건 또는 슬픽건, 동종 아킬레스건을 사용하였으며, 미성숙 골격 환자에게는 성장판을 통과하여 재건술을 시행하였다. 수술 당시 성장이 남아있는 골격 미성숙 환자가

25명이었으며, 평균 연령은 16.4세 (범위, 9년8개월 - 18년1개월)였고, 골격 성숙 환자는 23명으로, 평균 연령은 16.9세 (범위, 15년2개월 - 18년)였다. 손상으로부터 수술 까지 경과된 시간은 평균 13개월 (범위, 1 - 72)이었고, 수술 후 평균 추시 기간은 85.4개월 (범위, 25 - 232)이었다. 수술 전, 후의 Lysholm score, Tegner activity level을 비교하였으며, 성장 종료 시 발생한 하지 부동 및 각 변형 발생 여부에 대해 scannogram을 통해 분석하였다. 통계학적 분석은 선형 회귀 방법을 사용하였다. 평균 Lysholm score는 미성숙 골격 군에서 수술 전 48.36 (범위, 5 - 92)에서 수술 후 93.32 (범위, 79 - 100)로 호전되었으며, 성숙 골격 군에서 수술 전 62.48 (범위, 10 - 91)에서 수술 후 87.09 (범위, 65 - 100)로 호전되어 두 군에서 모두 수술 후 기능적 회복을 확인 할 수 있었다. 평균 Tegner activity level 역시 미성숙 골격 군에서 수술 전 3.0 (범위, 1 - 7)에서 수술 후 5.6 (범위, 4 - 10)으로 변화하였으며, 성숙 골격 군에서 수술 전 2.87 (범위, 1 - 7)에서 수술 후 5.0 (범위, 2 - 10)로 변화하였다. 모든 경우에서 유의할 만한 하지 부동이나, 각 변형, 불안정 소견은 관찰되지 않았으나, 미성숙 군 1예에서 내측 관절 간격의 소실을 동반한 조기 관절염 소견이 발생하였다. 이식건의 종류나 수술 방법에 따른 유의한 차이는 관찰되지 않았으며, 수술 전 후의 Lysholm score의 변화 정도를 비교해 보았을 때, 미성숙 골격 환자 군에서 성숙 골격 환자 군보다 Lysholm score가 유의하게 향상되었다.

성장판을 통과하는 전방 십자 인대 재건술은 성장이 남아있는 미성숙 골격 환자에게서 하지 부동이나 각 변형 등의 문제 없이 비교적 안전하게 시행될 수 있는 술기이다. 수술 시기는 성장이 완료되기 이전에 시행하는 것이 정상적인 활동으로의 복귀를 빠르게 하고, 장기적으로 좋은 예후를 얻을 수 있을 것이라 판단된다.



---

핵심되는 말: 전방 십자 인대, 미성숙 골격, 청소년

# 미성숙 골격 환자에서 전방 십자 인대 파열의 성장판을 통한 재 건술의 기능적 결과

<지도교수 김 성 재>

연세대학교 대학원 의학과

박 광 원

## I. 서론

성장이 남아 있는 미성숙 골격 환자에서 슬관절 손상은 성장기 청소년들의 다양한 스포츠 및 레저 활동에의 참여 증가로 최근 증가하는 추세를 보이고 있으며, 자기 공명 영상 등의 진단적 방법의 발달로 보다 정확한 진단이 가능해졌다.<sup>1,2</sup> 청소년에서 골격 성숙이 이루어지지 않은 슬관절에서의 손상은 경골극의 견열 골절이 주로 발생하며, 상대적으로 전방 십자 인대의 손상은 드문 것으로 알려져 왔다.<sup>3-5</sup> 또한 전방 십자 인대의 손상이 있을 경우 치료 방법에 있어 보존적인 치료와 수술적 치료의 효과에 있어 과거 많은 논의가 있었던 것이 사실이나, 최근 들어서는 반월상 연골의 추가적인 손상의 발생과 퇴행성 관절염의 조기 발현 등, 보존적 처치의 문제점 등으로 인해 가급적 수술적 처치를 시행하여 슬관절의 안정성을 도모하는 것을 권하고 있다.<sup>6-11</sup>

수술의 방법은 일차적 봉합 (primary closure), 성장판 외 재건술 (extraphyseal reconstruction), 부분적 성장판 보존 재건술

(partially physeal sparing reconstruction), 성장판을 통한 재건술 (transphyseal reconstruction) 등 다양한 방법이 사용 되고 있으며, 성장판을 통한 재건술의 경우, 잠재적인 성장판 손상으로 인한 조기 성장판 폐쇄 및 성장 장애와 하지 부동, 각 변형 등의 문제가 거론되고 있어 수술의 시기에 있어 성장판의 유합 여부가 중요한 결정 요인으로 작용한다.<sup>11-15</sup>

성장판의 유합은 환자 개개인 마다 시기의 차이가 있을 수 있으며, 골격 성숙을 판단함에 있어 나이, Tanner stage, Risser sign, 사춘기 성장의 급증, 가족간의 신장 차이 등 여러 가지 항목을 고려하여야 한다. 성장판의 유합은 대퇴골과 경골 모두에서 20세 경 이루어 지는 것으로 알려져 있으며, 방사선 사진 상 성장판의 유합이 이루어 지고 있을 때, Tanner stage 4, 5 일 때, 사춘기 성장의 급증이 있을 때, 부모 혹은 다른 형제 자매와의 신장 차이가 2.5cm 미만일 경우 골성숙이 이루어진 것으로 판단하게 된다.<sup>6</sup> 하지만 위에서 언급한 여러 기준 가운데 한가지 기준만으로 골격의 성숙 여부를 판단하여 치료 방침을 결정하기에는 무리가 있으며, 실질적으로 슬관절의 골격 성숙의 판단은 방사선 사진 상에서의 성장판 유합의 양상을 토대로 이루어지게 된다.

방사선 사진 상 성장판이 유합되고 있어 골격 성숙이 되었다고 판단이 되는 경우 상대적으로 어린 나이라 하더라도 수술 등의 치료 방법을 결정하는 것은 큰 어려움이 없다. 하지만 청소년기 후반 15세 전후의 나이에서 성장판 유합이 되지 않은 미성숙 골격을 지닌 환자의 경우 치료의 방법을 결정하는 것은 쉽지가 않은 것이 사실이다 (그림 1).

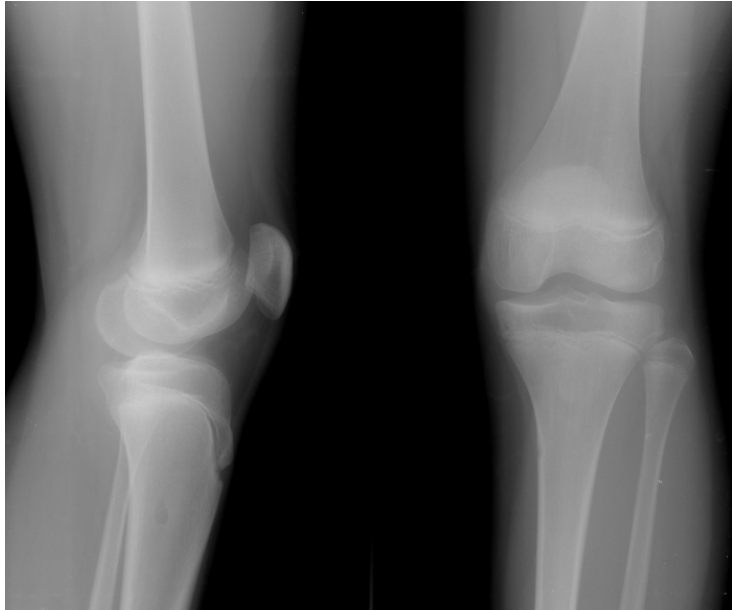


그림 1. 14년 7개월 남자 환아. 책상에서 떨어지면서 좌측 슬관절 손상하여 내원.

이처럼, 미성숙 골격 환자에서 전방 십자 인대 손상이 발생할 경우, 적절한 치료 방법과 수술 시기를 결정하는 것은 명확하게 결론지어진 바가 없어 논의의 여지가 있다.

본 연구에서는 미성숙 골격 환자에서 발생한 전방 십자 인대 손상에 대해 성장판을 통한 재건술을 시행하고, 이들의 성장이 종료된 시점에서 기능적인 경과와 방사선학적인 경과를 분석하고자 하였다. 또한 문헌 고찰과 본 연구의 결과를 토대로, 전방 십자 인대 손상이 있는 미성숙 골격 환자에서의 적절한 수술 시기를 제시해 보고자 한다.

## II. 대상 및 방법

### 1. 환자

1993년 1월부터 2008년 12월까지 전방 십자 인대 손상을 주소로 내원하여 수술적 재건술을 시행 받은 18세 이하의 환자 158명을 대상으로 후향적 연구를 시행하였다. 의무 기록을 통해 손상 기전, 손상 이후 수술까지 경과 된 기간, 수술 전 이학적 검사 결과, 수술 전 임상 기능 평가 (Lysholm score), 수술 전 스포츠 활동에의 참여 정도 (Tegner activity level), 동반 손상 유무 등에 대한 평가를 시행하였으며, 방사선 사진에서의 성장판 유합 정도를 통해 골격의 성숙 여부를 판단하였다. 최종 추시 당시 골격의 성숙이 이루어진 환자들만은 대상으로 하였으며, 추시 기간이 2년 미만인 경우, 수술적 처치를 요하는 슬관절 인대의 손상이나 후외측 불안전성이 동반된 경우는 연구 대상에서 배제하였다. 최종적으로 48명의 환자에 대해 연구를 진행하였으며, 성별 분포는 남자가 31예, 여자가 17예였다. 이중 수술 당시 성장판이 열려 있으며, 미성숙 골격으로 분류 가능하였던 환자는 25명으로, 남자 19예, 여자 6예였으며, 수술 당시 평균 나이는 16년 4개월 (범위, 9년 8개월 - 18년 1개월)이었다. 수술 당시 성장판이 닫혀 있어 성숙 골격으로 분류 하였던 환자는 23명으로, 남자 12예, 여자 11예였으며, 수술 당시 평균 나이는 16년 9개월 (범위, 15년2개월 - 18년)이었다. 동반 손상으로는 미성숙 골격 환자 군에서 내측 반월상 연골판 손상 4예, 외측 반월상 연골판 손상 8예, 양측 반월상 연골판 손상이 1예 있었고, 성숙 골격 환자 군에서 내측 반월상 연골판 손상 5예, 외측 반월상 연골판 손상 5예, 양측 반월상 연골 손상이 2예 있었다. 수상 기전은 스포츠 손상이 43예, 교통사고가 2예, 낙상이 3예 있었으며, 전방 십자 인대의 손상과 재건술 시기의 기간은 평균 13 (범위, 1 - 72 )개월이 소요되었다.

## 2. 수술 방법

수술 방법은 모든 경우에 있어 성장판을 통한 재건술 (transphyseal reconstruction)을 이용하여 시행하였으며, 전체 성장판에서 골 터널이 차지하는 부분을 최소화하기 위해 중심성으로 확공을 시행하였고, 최대 직경이 8mm가 넘지 않도록 하였다. 또한 역행성 확공기를 사용하여 성장판의 손상을 최소화하였다 (그림 2).



그림 2. 수술 후 2년 경과되었으나, 성장판의 유합이 이루어지지 않고 있다. 골단판의 변형 등의 소견은 동반되어 있지 않다.

대퇴부 이식건의 고정은 endobutton을 이용하였고, 경골부 이식건의 고정은 상황에 따라 endowasher, buckle staple, 경골나사 등 다양한 방법을 이용하였다. 단일 다발 술기 (single bundle technique)를 사용한 경우는 미성숙 골격 환자 군에서 20예, 성숙 골격 환자 군에서 21예였으며, 이중 다발 술기 (double bundle technique)를 사용한

경우는 7예로, 미성숙 환자 군에서 5예, 성숙 골격 환자 군에서 2예 있었다. 사용된 이식건은 자가 골-슬개건-골이 20예에서 사용되었으며, 미성숙 골격 환자 군에서 7예, 성숙 골격 환자 군에서 13예의 빈도를 보였으며, 자가 슬괵건이 사용된 경우는 22예로 각각 미성숙 골격 환자군 15예, 성숙 골격 환자군 7예의 사용 빈도를 보였고, 동중 후경골근은 각 3예씩 총 6예의 사용 빈도를 나타내었다.

### 3. 결과 평가

수술 후 결과를 분석하기 위해 전신적 인대 이완성 (Generalized ligamentous laxity), Lachman test, Pivot shift test, Drawer sign 등에 대한 상세한 이학적 검사를 최종 추시 당시 시행하였으며, KT 1000/2000 arthrometer를 통한 검사를 시행하여 결과에 대한 분석을 시행하였다. 모든 이학적 검사는 2명의 정형외과 전문의에 의해 시행되었다. 추가적으로 성숙 골격이 이루어진 최종 추시 때 방사선 검사를 통해 성장판의 조기 폐쇄, 하지 부동, 각 변형 등의 합병증 발생 여부 및 조기 퇴행성 변화 여부 등을 평가하였으며, 건축과 비교하여 유의한 차이가 있는지를 분석하였다. 추가적으로 임상 기능 호전의 평가를 위한 Lysholm score를 측정하였으며, 스포츠에의 복귀 정도에 따른 Tegner activity level의 변화 양상을 측정하였다.

### 4. 통계 분석

통계학적 분석은 선형 회귀 방식을 이용하였다.

## III. 결과

### 1. 임상 결과

평균 추시 기간은 85.4 (범위, 25 - 232) 개월이었으며, 최종 추시

당시 나이는 평균 24년 5개월 (범위, 17년 2개월 - 36년 3개월)이었다. 골격의 성숙 여부에 따라 환자 군을 성숙 환자 군과 미성숙 환자 군으로 나누었으며, 성별, 나이, 손상으로부터 수술까지 경과한 시간, 손상 기전, 사용한 이식건의 종류, 동반 손상 등의 항목에 있어 두 군간의 의미 있는 차이는 관찰되지 않았다 (표 2). 미성숙 골격 환자 군에서 수술 전 Lysholm score는 평균 48.36 (범위, 5 - 92)점이었으며, 수술 후 최종 추시상 평균 93.32 (범위, 79 - 100)점으로 호전되었다. 스포츠 활동에의 참여 정도를 의미하는 Tegner activity level은 수술 전 평균 3.0 (범위, 1 - 7)점에서 수술 후 평균 5.6 (범위, 4 - 10)점으로 호전되었다. 성숙 골격 환자 군에서 수술 전 Lysholm score는 평균 63.48 (범위, 10 - 91)점에서 수술 후 평균 87.09 (범위, 65 - 100)점으로 호전되었고, Tegner activity level은 수술 전 평균 2.87 (범위, 1 - 7)점에서 수술 후 평균 5.0 (범위, 2 - 10)점으로 호전되었다. 골격의 성숙도와 상관 없이 수술 전보다 수술 후 Lysholm score와 Tegner activity level이 의미 있게 향상되었으며, 수술 당시의 나이가 어릴수록, Lysholm score와 Tegner activity level의 임상적 결과의 호전이 더 크게 나타나는 경향을 보였으나, 통계학적인 의미는 없었다 ( $p=0.41$ ). 수술 전후의 Lysholm score와 Tegner activity level은 성숙 골격 여부에 따른 두 군간의 차이가 관찰되지 않았으나, Lysholm score의 경우, 수술 전의 측정치와 비교하여 미성숙 골격 환자 군에서 성숙 골격 환자 군보다 두드러지게 향상되었다 ( $p=0.00125$ ). 반면 Tegner activity level은 골격의 성숙 여부에 따른 수술 전후 두 군간의 호전의 정도 차이가 없는 것으로 나타났다 ( $p=0.923$ ).

표 2. 임상 결과 요약



	Open physis	Closed physis
Number of patients	25	23
Age	16 years 4 months	16 years 9 months
Gender		
Male	19	12
Female	6	11
Time to operation	12.56 (1 – 40) months	13.49 (1 – 72) months
Combined injury	13	12
Medial meniscus	4	5
Lateral meniscus	8	5
Combined	1	2
Surgical technique		
Single bundle	20	21
Double bundle	5	2
Graft material		
Autologous BPTB	7	13
Autologous hamstring	15	7
Allogeneous TP tendon	3	3
Lysholm score		
Preop.	48.36 (5 – 92)	62.48 (10 – 91)
Postop.	93.32 (79 – 100)	87.09 (65 – 100)
Difference*	49.72	24.61
Tegner activity level		
Preop.	3.0 (1 – 7)	2.87 (1 – 7)
Postop.	5.6 (4 – 10)	5.0 (2 – 10)
Difference	2.6	2.13

\*: significant adjusted p value < 0.05

표 2. 임상 결과 요약 (계속)

	Open physis	Closed physis
Instability	2	1
Leg length discrepancy (>2.5cm)	None	None
Angular defference (5°)	None	None

\*: significant adjusted p value < 0.05

## 2. 합병증

수술과 관련하여 감염 등의 수술 전후 합병증은 없었으며, 최종 추사에서 슬관절의 불안정성을 보이는 경우는 미성숙 골격 환자 군에서 2예, 성숙 환자 군에서 1예가 관찰되었다. 각각의 그룹에서 1예씩 전신적 인대 이완 소견 (Generalized ligamentous laxity)을 보였으며, 나머지 미성숙 골격 환자 1예의 경우는 전문적인 농구 선수로서 슬관절의 불안정성뿐만 아니라, 연골하골의 경화 소견을 동반한 퇴행성 변화를 보이고 있었다. 2.5cm 이상의 하지 부동이나 관상면상 5° 이상의 각 변형은 모든 경우에서 발생하지 않았으나, 미성숙 환자 1예에서 10°의 굴곡 구축이 발생하였다 (그림 3).



그림 3. 수술 후 8년 경과하여 촬영한 하지 방사선 사진. 하지 부동이나 슬관절 정렬 이상 소견은 동반되어 있지 않다.

#### IV. 고찰

전방 십자 인대 파열은 스포츠와 관련하여 발생하는 슬관절 손상 가운데 재건술을 요하는 가장 흔한 질환으로, 최근 청소년에서 발생하는 경우가 증가하고 있다.<sup>16,17</sup> 이로 인해 많은 수술이 시행되고 있으나, 그에 따른 문제점 역시 증가하고 있으나 명확한 치료 지침은 아직까지 제시되고 있지 못한 것이 현실이다.<sup>18</sup> 골격의 성숙이 이루어져 있거나, 성장의 급증기를 지난 청소년에서 전방 십자 인대 손상의 치료는 성인과 동일한 치료 방법을 적용할 수 있다. Sasaki 등<sup>19</sup> 은 자기 공명 영상 장치를 이용하여 청소년에서 원위 대퇴골과 근위 경골의 성장판 폐쇄의 시기를 분석하여 남자의 경우 16세, 여자의 경우 14세가 지나면 성장판이 완료된다고 보고하였다. 하지만, 골격의 성숙 여부를 단순히 나이만 가지고 판단 하는 데는 무리가 있으며, Tanner stage, Risser sign, 사춘기 성장의 급증 여부, 가족력, 방사선학적인 골격 나이 등 여러 요인들을 종합적으로 고려해서 최종 판단을 하여야 한다. 일반적으로 Tanner stage 4,5 이상, 다른 가족 구성원과의 신장 차이가 2.5cm 미만인 경우, 사춘기 성장 급증이 있는 경우, 방사선 사진 상에서 성장판의 유합이 관찰되는 경우 등을 골격이 성숙되었다고 지칭할 수 있다.<sup>6,20</sup>

미성숙 골격 환자에서 전방 십자 인대의 손상의 치료는 비수술적 처치부터 일차적 봉합, 성장판 외 재건술, 부분적 성장판 보존 재건술, 성장판을 통한 재건술 까지 다양한 치료 방법이 적용되어 왔다. 일부 연구에서 미성숙 골격 환자에서 발생한 전방 십자 인대 손상을 보존적으로 치료하여 초기 우수한 결과를 얻었다고 보고한 바 있으나<sup>21,22</sup>, 장기 추시 결과 반월상 연골 손상의 악화와 슬관절 불안정의 지속으로 인한 추가적인 인대 손상, 조기 퇴행성 관절염 발현 등의 문제점으로 인해 보존적 처치보다는 수술을 시행하는 것이 좋다는 주장

이 대두되고 있다.<sup>7,22-24</sup> 하지만, 성장이 남아 있는 슬관절에서 기존의 대퇴골 터널과 경골 터널을 통한 재건술을 시행할 경우 잠재적인 성장판 손상의 가능성과 이로 인한 하지 부동이나 슬관절 정렬 이상 발생 등의 문제가 제시되어 왔고,<sup>25-28</sup> 이를 방지, 혹은 최소화하기 위한 다양한 노력이 시도되고 있다.

Guzzanti 등<sup>29</sup> 은 토끼를 대상으로 전방 십자 인대 재건술을 시행하여 성장 장애 발생에 영향을 미치는 이식건의 요건에 대해 평가하였다. 모두 2mm 크기의 골 터널을 통해 재건술을 시행하였는데, 이는 대퇴골에는 전체 관절 단면적의 3%, 관상면상에서 11%에 해당하는 성장판의 손상이었으며, 경골의 경우는 전체 단면적의 4%, 관상면상에서 12% 해당하는 성장판의 손상이었다. 총 21예의 실험 대상에서 대퇴골의 성장 장애는 발생하지 않았으나, 경골에서 2예의 외반 변형과 1예의 길이 성장 장애가 발생하였다고 보고하였다. Janary 등<sup>30</sup> 은 토끼의 원위 대퇴골을 이용한 동물 실험을 통해 전체 성장판 면적의 4-5% 손상은 성장 장애를 유발하지 않으나, 7-9% 이상의 손상을 가한 경우 하지 길이 성장의 장애가 발생함을 지적하였으며, 터널 내에 삽입된 인대 조직은 골교 형성을 억제할 수 있다고 보고하였다. Stadelmaier 등<sup>31</sup> 은 개를 이용한 연구에서 성장판을 통과하는 골 터널 내에 대퇴 근막을 삽입하여 골교 형성을 방지할 수 있다고 하였다. 이러한 연구 결과들을 토대로 가급적 성장판 손상을 최소화하면서 이식건을 골터널 내에 삽입하는 것이 이상적인 방법으로 여겨지게 되었으며, Bales 등<sup>12</sup> 은 상대적으로 작은 7-8mm 크기의 골터널을 사용할 것과, 이식건을 골터널 내에 위치시킬 것, 그리고 이식건의 고정은 원위 대퇴골은 가급적 성장판의 근위부에서, 경골은 가급적 원위부에서 시행할 것을 제시하였다. Shea 등<sup>32</sup> 은 3D CT를 이용한 연구에서 근위 경골에서 골터널의 위치는 보다 내측 원위부에서 시작하여 성장판

에 최대한의 경사를 주어 가파르게 위치하는 것이 성장판의 손상을 최소화 할 수 있다고 하였다.

본 연구에서 경골과 대퇴골의 성장판을 통과하는 골 터널을 이용하여 재건술을 시행하였으며, 위에서 언급하였던 대로 성장판의 손상을 최소화하고자 골 터널의 직경이 최대 8mm를 초과하지 않도록 하였고, 가급적 관절면의 중심에 터널이 위치하도록 주의를 기울여 시술하였다.

성장판의 손상을 최소화하기 위한 술식의 경우 여러 연구에서 비교적 우수한 결과를 보고하였으나, 그 대상 환자의 수가 크지 않다는 점과 기술적으로 어렵다는 점이 문제점으로 지적되고 있다.<sup>33-36</sup> 더욱이 성장판의 손상으로 인한 합병증의 발생 빈도가 매우 낮다는 점<sup>25-28</sup>과, 많은 양의 수술을 시행하여 풍부한 경험이 있는 시술자에 의한 결과가 더 우수하다는 점<sup>18</sup>을 고려할 때, 기존의 성장판을 통한 재건술은 비교적 위험성이 높지 않으면서 우수한 임상 결과를 기대할 수 있는 방법이라고 생각할 수 있다.

Streich 등<sup>37</sup>은 Tanner stage 1,2에 해당하는 전방 십자 인대 손상 환자 31명을 대상으로, 동반된 반월상 연골 손상이나 연골 손상이 있는 17명의 환자에게는 성장판을 통한 재건술을 시행하고, 동반 손상이 없이 전방 십자 인대의 단독 손상이 있던 14명의 환자에게 보존적인 처치를 시행한 뒤 결과를 비교하였다. 모든 경우에 있어 하지 부동이나 슬관절의 정렬 이상은 발생하지 않았으며, 전방 십자 인대 재건술을 시행한 경우에 보다 우수한 임상 결과를 얻었고, 보존적 처치를 시행한 14예 중 8예 (58%)에서 지속되는 불안정성으로 인해 결국 십자 인대 재건술을 시행하였다고 보고하였다.

Frosch 등<sup>38</sup>은 55개의 논문, 935명의 환자를 대상으로 시행한 meta-analysis를 통해 지금까지 미성숙 골격 환자에서 시행한 여러

방법의 결과를 비교하였다. 미성숙 골격 환자에게서 시행한 다양한 술기들을 분석한 결과, 하지 부동이나 슬관절 정렬 이상, 이식건 파열 등의 합병증이 비교적 낮은 확률로 보고된다고 하였으며, 성장판을 보존하는 술식은 오히려 이러한 합병증을 높이는 결과를 초래한다고 결론 지은 바 있다.

Lysholm score는 슬관절의 임상적인 기능을 평가하는 것으로, 보행 시 절룩거림 (limping), 보행 시 보조 기구 (supporting device)의 사용 여부, 슬관절의 잠김 현상 (locking), 계단 (stair) 보행 정도, 슬관절 불안정성 (instability), 통증 (pain), 부종 (swelling), 쪼그려 앉기 (squatting) 까지 총 8가지 항목에 대해 0에서 100점까지 수치화한 것으로, 본 연구에서는 골격의 성숙 여부와 상관 없이 모든 경우에 있어 수술 전보다 수술 후 Lysholm score의 향상이 유의미하게 있었던 것을 확인할 수 있었다. 특히 미성숙 골격 환자 군에서 성숙 골격 환자 군보다 Lysholm score의 향상이 두드러진 것으로 나타났다는데, 이는 Lysholm score가 일상 생활에서 수행 가능한 여러 항목들에 대한 평가를 수치화 한 것이기 때문에 상대적으로 어린 나이에 수술을 한 경우 일상 생활에서의 적응 (adaptation)이 좀더 용이하였던 것이 원인인 것으로 사료된다.

Tegner activity level은 스포츠 활동에의 참여 정도를 수치화 한 것으로, 본 연구에서는 Lysholm score와 마찬가지로 골격의 성숙 여부와 관계 없이 수술을 통한 Tegner activity level의 향상을 얻을 수 있었다. 하지만 골격의 성숙 여부에 따른 향상 정도의 차이는 없었으며, 이는 Tegner activity level의 평가 항목이 비교적 활동량이 많은 스포츠의 참여 정도를 측정하는 것이었기에 발생한 결과라 판단된다 (표 3).

표 3. Tegner activity level

0	Sick leave or disability pension
1	Work (Sedentary work, walking on uneven ground)
2	Work (Light work, walking on uneven ground)
3	Work (Light work – nursing) Recreational sports (walking)
4	Work (Moderately heavy work – truck driving, scrubbing floor) Recreational sports (Cycling, cross-country skiing, jogging on uneven ground at least weekly)
5	Work (Heavy labor) Competitive sports (cycling, cross-country skiing) Recreational sports (Jogging – at least twice weekly)
6	Recreational sports (Tennis, badminton, basketball, handball, downhill skiing, jogging)
7	Competitive sports (Tennis, athletics – running, speedway, basket ball, handball) Recreational sports (Soccer, Ice hockey, squash, jumping, cross-country)
8	Competitive sports (Bandy, Squash or badminton, Athletics – jumping, downhill skiing)
9	Competitive sports (Soccer – lower division, ice hockey, wrestling, gymnastics)
10	Competitive sports (Soccer – national or international level)

Briggs 등<sup>39</sup> 은 건강한 정상 성인 488명을 대상으로 Lysholm score 와 Tegner activity level을 측정하여 평균 Lysholm score는 94점, Tegner activity level은 5.7점의 결과를 얻은 바 있다. 본 연구에서 미성숙 골격 환자군에서의 최종 Lysholm score의 평균치가 93.32점, 성숙 환자군에서의 평균치가 87.09점이었으며, Tegner activity level

의 경우 미성숙 환자 군에서 평균 5.6, 성숙 환자 군에서 평균 5.0으로 측정되었던 것과 비교하여 볼 때, 두 환자 군에서 모두 거의 정상 성인에 가까운 결과를 얻은 것을 알 수 있다.

수술 후 슬관절의 불안정성이 남아 있던 환자는 총 3명이었는데, 모든 경우에서 Beighton과 Horan<sup>40</sup>에 의해 제시되었던 전신적 인대 이완성을 보이고 있었으며, 동일하게 자가 슬픽건을 사용하여 수술을 받았었다. 김 등<sup>41</sup>은 전신적 인대 이완성이 있는 환자에서 자가 슬픽건 보다는 자가 골-슬개건-골을 사용하였을 때 보다 우수한 결과를 얻었다고 보고한 바 있다. 하지만, 미성숙 골격 환자에서 자가 골-슬개건-골을 사용하는 것은 이식건 공여부에서 성장판 손상의 문제와, 골 터널 내 골조직의 잔존으로 인한 문제를 야기할 수 있어 주의를 요한다. 일반적으로 미성숙 골격 환자에서 자가 슬픽건을 이식건으로 사용하는 경우 골-슬개건-골 사용시의 공여부 문제를 방지할 수 있고, 충분한 길이를 확보하여 이식건을 골터널내 위치시키고 성장판에서 가급적 떨어진 위치에서 고정을 시행 할 수 있다는 장점이 있다. 하지만 본 연구에서 이식건의 종류, 전신적 인대 이완성 여부 등의 차이에 따른 임상적 결과와 성숙 골격 여부와의 상관 관계는 없는 것으로 나타났으나, 제한된 환자 군을 대상으로 한 연구이어서 명확한 결론을 내리기에는 다소 무리가 있다.

성장판이 열려 있는 미성숙 골격 환자에서 발생한 전방 십자 인대 손상에 대해 재건술을 시행하는 데에는 여러 가지 어려움이 따른다. 수술을 계획함에 앞서 철저한 이학적 검사와 동반 손상에 대한 영상학적 검사가 선행되어야 하고 가족력, 환자의 직업, 일상 생활에서의 활동 정도, 스포츠 활동에의 참여 정도 등에 대한 상세한 과거력 파악이 필요하며, 이를 토대로 수술 방법과 이식건의 선택 등이 계획되어야 한다.



본 연구의 제한점은 후향적 연구라는 점과 상대적으로 적은 수의 환자를 대상으로 하였다는 점이다. 또한 대상 환자 군의 연령대가 평균 16세로 다소 높다는 점, 단일 다발 술기와 이중 다발 술기가 혼재되어 사용된 점, 다양한 이식건이 사용되었던 점 등 연구 대상이 균일하지 못하였던 점을 들 수 있다. 그럼에도 불구하고, 최종 성장이 완료된 환자들을 대상으로 장기간의 추시 결과를 분석하였다는 점과 이를 토대로 성장판을 통과하는 전방 십자 인대 재건술의 임상적 유용성을 검증할 수 있었다는 것에 본 연구의 의의가 있다고 하겠다. 아직까지 미성숙 골격 환자에 발생한 전방 십자 인대 손상의 치료에 대해 다양한 이견이 있는 현시점에서 본 연구가 치료 방침을 결정하는데 하나의 지침이 될 수 있을 것으로 사료된다.

## V. 결론

성장이 남아 있는 골 미성숙 청소년에서 전방 십자 인대의 손상 시 성장판의 손상을 최소화하면서 성장판을 통과하는 재건술은 하지 부동이나 슬관절 정렬 이상 없이 좋은 임상적 결과를 얻을 수 있는 방법으로 사료된다. 더욱이 조기에 수술을 시행함으로써 조속한 일상 생활로의 복귀가 가능하고, 보다 많은 임상 결과의 호전을 기대할 수 있어, 보존적 처치에도 불구하고 슬관절 불안정성이 지속되는 환자에게 있어 가급적 이른 시기에 수술을 시행하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

## 참고문헌

1. Aronowitz ER, Ganley TJ, Goode JR, Gregg JR, Meyer JS: Anterior cruciate ligament reconstruction in adolescent with open physis. *Am J Sports Med.* 2000;28:168-75.
2. Kercher J, Xerogeanes J, Tannembawl A, Al-Hakim R, Black JC, Zhao J: Anterior cruciate ligament reconstruction in the skeletally immature: An anatomical study utilizing 3-dimensional magnetic resonance imaging reconstructions, *J Pediatr Orthop.* 2009;29:124-9.
3. Kocher MS, Micheli LJ, Gerbino P, Hresko MT: Tibial eminence fractures in children: prevalence of meniscal entrapment. *Am J Sports Med.* 2003;31:404-7.
4. Kocher MS, Mandiga R, Klingele K, Bley L, Micheli LJ: Anterior cruciate ligament injury versus tibial spine fracture in the skeletally immature knee: A comparison of skeletal maturation and notch width index. *J Pediatr Orthop.* 2004;24(2):185-8.
5. Kocher MS, Garg S, Micheli LJ: Physeal sparing reconstruction of the anterior cruciate ligament in skeletally immature prepubescent children and adolescents. *J Bone Joint Surg Am.* 2005;87:2371-9.
6. McCarroll JR, Rettig AC, Shelbourne KD: Anterior cruciate ligament injuries in the young athlete with open physes. *Am J Sports Med.* 1988;16:44-7.
7. Mizuta H, Kubota K, Shiraishi 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(6):890-4.
8. Janarv PM, Nystrom A, Werner S, Hirsch G: Anterior cruciate ligament injuries in skeletally immature patients. *J Pediatr Orthop.* 1996;16:673-7.
9. Pressman AE, Letts RM, Jarvis JG: Anterior cruciate ligament tears in children: An analysis of operative versus nonoperative treatment. *J Pediatr Orthop.* 1997;17:505-11.

10. Millett PJ, Willis AA, Warren RF: Associated injuries in pediatric and adolescent anterior cruciate ligament tears: Does a delay in treatment increase the risk of meniscal tear? *Arthroscopy*. 2002;18:955-9.
11. Aichroth PM, Patel DV, Zorrilla P: The natural history and treatment of rupture of the anterior cruciate ligament in children and adolescents. A prospective review. *J Bone Joint Surg Br*. 2002;84:38-41.
12. Bales CP, Guettler JH, Moorman CT: Anterior cruciate ligament injuries in children with open physes: Evolving strategies of treatment. *Am J Sports Med*. 2004;32(8):1978-85.
13. Johnston DR, Ganley TJ, Flynn JM, Gregg JR: Anterior cruciate ligament injuries in skeletally immature patients. *Orthopedics*. 2002;25(8):864-71.
14. Shea KG, Apel PJ, Pfeiffer RP: Anterior cruciate ligament injury in pediatric and adolescent patients: A review of basic science and clinical research. *Sports Med*. 2003;33(6):455-71.
15. Kaeding CC, Flanigan DF, Donaldson C: Surgical technique and outcomes after anterior cruciate ligament reconstruction in preadolescent patients. *Arthroscopy*. 2010;26(11):1530-38.
16. Backx FJ, Beijer HJ, Bol E, Erich WB: Injuries in high-risk persons and high-risk sports: a longitudinal study of 1818 school children. *Am J Sports Med*. 1991;19(2):124-30.
17. Bollen SR, Scott BW: Rupture of the anterior cruciate ligament—a quiet epidemic? *Injury*. 1996;27:407-9.
18. Lyman S, Koulouvaris P, Sherman S, Do H, Mandl LA, Marx RG: Epidemiology of anterior cruciate ligament reconstruction: trends, readmissions, and subsequent knee surgery. *J Bone Joint Surg Am*. 2009;91:2321-28.
19. Sasaki T, Ishibashi Y, Okamura Y, Toh S, Sasaki T: MRI evaluation of growth plate closure rate and pattern in the normal knee joint. *J Knee Surg*. 2002;15:72-76.

20. Tanner JM. The development of the reproductive system. In: *Growth at Adolescence*. 2nd ed. Oxford (England): Blackwell Scientific; 1962;28-39.
21. Kannus P, Jarvinen M: Knee ligament injuries in adolescent. Eight year follow-up of conservative management. *J Bone Joint Surg Br*. 1988;70(5):772-6.
22. 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.
23. Angel KR, Hall DJ: Anterior cruciate ligament injury in children and adolescent. *Arthroscopy*. 1989;5:197-200.
24. Parker AW, Drex D Jr, Cooper JL: Anterior cruciate ligament injuries in patients with open physes. *Am J Sports Med*. 1994;22:44-7.
25. Lipscomb AB, Anderson AF: Tears of the anterior cruciate ligament in adolescents. *J Bone Joint Surg Am*. 1986;68:19-28.
26. Nakhostine M, Bollen SR, Cross MJ: Reconstruction of mid-substance anterior cruciate rupture in adolescents with open physes. *J Pediatr Orthop*. 1995;15:286-7.
27. Koman JD, Sanders JO: Valgus deformity after reconstruction of the anterior cruciate ligament in a skeletally immature patient: a case report. *J Bone Joint Surg Am*. 1999;81:711-715.
28. McIntosh AL, Dahm DL, Stuart MJ: Anterior cruciate ligament reconstruction in the skeletally immature patient. *Arthroscopy*. 2006;22:1325-30.
29. Guzzanti V, Falciglia F, Gigante A, Fabbriani C: The effect of intraarticular ACL reconstruction on the growth plates of rabbits. *J Bone Joint Surg Br*. 1994;76:960-3.

30. Janary PM, Wilkstrom B, Hirsch G: The influence of transphyseal drilling and tendon grafting on bone growth: an experimental study in rabbit. *J Pediatr Orthop.* 1998;18(2):149-54.
31. Stadelmaier DM, Arnoczky SP, Dodds J, Ross H: The effect of drilling and soft tissue grafting across open growth plate. A histologic study. *Am J Sports Med.* 1995;23(4):431-5.
32. Shea KG, Apel PJ, Pfeiffer RP, Traugher 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.
33. Anderson AF: Transepiphyseal replacement of the anterior cruciate ligament using quadruple hamstring graft in skeletally immature patients. *J Bone J Surg Am.* 2004;86(1): 201-6.
34. 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.
35. Schachter AK, Rokito AS: ACL injuries in the skeletally immature patients. *Orthopedics.* 2007;30:365-70.
36. Bonnard C, Fournier J, Badusiaux D, Planchenault M, Bergerault F, Courtivron B: Physeal-sparing reconstruction of anterior cruciate ligament tears in children. *J Bone Joint Surg Br.* 2011;93-B:542-7.
37. Streich NA, Barie A, Gotterbarm T, Keil M, Schmitt H: Transphyseal reconstruction of the anterior cruciate ligament in prepubescent athletes, *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2010;18(11):1481-6.
38. Frosch KH, Stengel D, Brodhun T, Stietenron I, Holsten D, Jung C, Reister D, Voigt C, Niemeyer P, Maier M, Hertel P, Jagodzinski M, Lill H: Outcomes and risks of operative treatment of rupture of the anterior

cruciate ligament in children and adolescents. *Arthroscopy*.

2010;26(11):1539-50.

39. Briggs KK, Steadman RJ, Hay CJ, Hines SL: Lysholm score and Tegner activity level in individuals with normal knees. *Am J Sports Med*. 2009;37(5):898-901.
40. Beighton P, Horan F: Orthopaedic aspects of the Ehlers-Danlos syndrome. *J Bone Joint Surg Br*. 1969;51:444-53.
41. Kim SJ, Kim TE, Lee DH, Oh KS: Anterior cruciate ligament reconstruction in patients who have excessive joint laxity. *J Bone Joint Surg Am*. 2008;90:735-41.

## **Abstract**

Functional result of transphyseal reconstruction of the anterior cruciate ligament in skeletally immature patients

Kwang Won Park

*Department of Medicine*

*The Graduate School, Yonsei University*

(Directed by Professor Sung-Jae Kim)

As the frequency of ACL injuries correlated with an increase in the level of participation in high demanding sports, the prevalence of mid-substance tear of ACL in skeletally immature patients has increased over the last years. Until now, variable treatment options have been introduced, but most of them were technically demanding procedures and the results of those procedures were unsatisfactory. Conventional adult reconstruction techniques have to face the potential risk of growth disturbance or angular deformity. The aim of this study was to evaluate the clinical outcomes of anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction by conventional transphyseal tunnel technique and determine the appropriate timing for surgery in skeletally immature patients.

We retrospectively reviewed the patients under 18 years old who underwent surgical reconstruction of the ACL between 1993 and 2009. 158 patients were identified, and 48 patients were evaluated with medical records, Lysholm Knee Scoring Scale, Tegner activity level, and plain radiographs. All the patients showed skeletal maturity at last follow up, 25 patients showed open physis at the time of surgery, and the mean age was 16.4 years (range, 9years 8months –

18years 1month). 23 patients showed closing physis at the time of operation, and the mean age was 16.9 years (range, 15years 2months – 18years). Average injury to surgery interval was 13 months (range, 1 – 72). Clinical outcomes were assessed at a mean of 85.4 months (range, 25 – 232) postoperatively. A linear regression model was used to compare the functional outcome for Lysholm difference and Tegner difference between the preoperation to postoperation status in the two physis group.

All the patients had transphyseal reconstruction of ACL. In the group with open physis, the mean Lysholm score was 48.36 (range, 5 – 92) points preoperatively and 93.32 (range, 79 – 100) points postoperatively, and the mean Tegner activity level was changed from 3.0 (range, 1 – 7) points to 5.6 (range, 4 – 10) points. In the group with closed physis, the mean Lysholm score was 62.48 (range, 10 – 91) points preoperatively and 87.09 (range, 65 – 100) points postoperatively, and the mean Tegner activity level was changed from 2.87 (range, 1 – 7) points to 5.0 (range, 2 – 10) points. The difference between the preoperation to postoperation for Lysholm scores, the open physis group had higher values statistically, while the difference for Tegner activity level was not significant. Overall functional outcome was satisfactory without significant leg length discrepancy and abnormal alignment of the knee joint.

Transphyseal reconstruction of anterior cruciate ligament is a good treatment modality with good long term functional outcome in skeletally immature patient. The timing of surgery should not be delayed because of early adaptation for daily living and sports activity.

---

Key Words: Anterior cruciate ligament, Reconstruction, Adolescent, Physis