

## 소아 족관절 성장판 손상후 성장판 조기 유합에 영향을 미치는 인자

김정렬 · 송광훈

전북대학교 의학전문대학원 정형외과학교실, 임상의학연구소

### Factors Influencing Premature Physeal Closure following Physeal Injury of the Ankle in Children

Jung Ryul Kim, M.D., Ph.D., and Kwang Hun Song, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Research Institute of Clinical Medicine,  
Chonbuk National University, Medical School, Jeonju, Korea

**Purpose:** To evaluate the factors influencing premature physeal closure (PPC) following physeal fractures of the ankle in children.

**Materials and Methods:** Forty-eight children with physeal injuries of the ankle were analyzed retrospectively after a minimum follow-up of 1 year. We undertook statistical analysis according to age, gender, cause, fracture type, mechanism of injury, and treatment methods for incidence of PPC.

**Results:** Ten fractures (28.3%) were complicated by PPC. There were three cases of leg length discrepancy (LLD) more than 2 cm, five cases of angulation with LLD more than 2 cm, and two cases of fibula shortening. There were no correlation between PPC and age, sex, cause, or injury mechanism ( $p > 0.05$ ). There was a statistically significant correlation between the rate of PPC and treatment methods ( $p = 0.018$ ).

**Conclusion:** Operative treatment may decrease the frequency of PPC in some fractures. Regardless of treatment method, we recommend anatomic reduction to decrease the risk of PPC.

**Key Words:** Children, Ankle, Physeal injuries, Premature physeal closure

### 서 론

소아의 족관절부 성장판 손상은 원위 요골 성장판 손상 다음으로 흔한 성장판 손상이다. 적절한 치료가 이루어지지 않을 경우 조기 성장판 폐쇄를 초래하여 단축 변형, 각변형 등의 후유증을 초래할 수 있어 진단 및 치료에 있어 세심한 주의를 요한다. 원위 경골 성장판 골절후 조기 성장판 폐쇄의 발생은 약 2-5%의 빈도로 발생한다고 보고된바 있으며<sup>5)</sup>, 일부 저자들은 더 높은 발생률을 보고하였다<sup>1,8,14)</sup>.

저자들은 소아의 족관절 성장판 손상을 치료한 사례에 대하여 후향성 연구를 통해 조기 성장판 유합의 빈도 및 초래할 수 있는 원인인자를 분석해 보고자 하였다.

### 대상 및 방법

#### 1. 연구 대상

1993년 1월부터 2006년 3월까지 본원에서 족관절부 성장판 손상으로 치료한 후, 1년 이상 추적관찰이 가능하였던 총 48예를 대상으로 후향성 연구를 하였다.

남자가 34예, 여자 14예였으며, 연령은 6세에서 16세까지 평균 11.8세였다. 발생원인은 교통사고 25예, 스포츠 손상 14예, 실족사고 6예, 추락사고 3예였다. 수상 당시 폐쇄성 골절은 38예였고, 개방성 골절은 10예였다. Salter-Harris 분류법에 의해 제1형에서 4형까지 분류한 후 삼면(triplane) 골절, 연소기(juvenile) Tillaux 골절을 추가 하였다. 제 2형이 17예로 가장 많은 빈도를

통신저자 : 김 정 렬

전라북도 전주시 덕진구 금암동 634-18  
전북대학교 의학전문대학원 정형외과학교실  
TEL: 063-250-1767 • FAX: 063-271-6538  
E-mail: jrkeem@chonbuk.ac.kr

Address reprint requests to

Jung Ryul Kim, M.D., Ph.D.  
Department of Orthopaedic Surgery, Chonbuk National University  
Medical School, 634-18, Geumam-dong, Dugjin-gu, Jeonju 561-712, Korea  
Tel: +82,63-250-1767, Fax: +82,63-271-6538  
E-mail: jrkeem@chonbuk.ac.kr

보였으며, 제 1형 5예, 제 3형 8예, 제 4형 5예, 삼면(triplane) 골절 10예, tillaux 골절 3예였다. 발생기전에 따른 분류로는 Dias-Tachdjian 분류<sup>3)</sup>상 회내-외번-외회전형이 20예로 가장 많았고, 회외-내번 17예, 회외-족굴형 6예, 회외-외회전형 5예였다.

## 2. 치료방법 및 결과 판정

치료는 도수 정복을 15예에서 시행하였으며 도수 정복 후 석고 고정은 7예, 경피적 고정술은 8예에서 시행하였고, 관혈적 정복 및 내고정술은 33예에서 시행하였다. 전예에서 응급 수술을 원칙으로 하였으며, 골편의 전위가 없거나 전위가 2 mm 이하인 경우에는 석고붕대 고정만으로 치료하였으며, 골편의 전위가 2 mm 이상인 골절에서는 도수 정복술이나 관혈적 정복술 및 금속 내고정술을 시행하였다. 정복시에는 손상 기전과 반대 방향으로 무리한 조작을 피하면서 도수 정복을 시도하였으며, 도수 정복 후에도 2 mm 이상의 전위가 있어 정확한 정복이 이루어 지지 않았다고 판단되는 경우나 2 mm 이상의 전위를 보이는 Salter-Harris 제 3, 4형 골절에서는 관혈적 정복 및 내고정술을 시행하였다. 개방성 골절의 경우는 철저한 변연 절제술과 함께 골절의 정복 및 골고정술을 시행하였다. 성장판 조기 유합의 판정은 최종 추시 단순방사선 사진을 분석하여, 각변형, 하지부동, 비골 단축 등을 관찰하였다.

## 3. 통계 분석

통계 분석은 최종 추시 당시 성장판 조기 유합을 보인

군과 없는 군을 비교 분석하였다. 분석 방법은 수상 당시의 나이, 성별, 손상의 심한 정도, 골절의 형태, 발생기전, 치료 방법에 따른 조기 성장판 유합의 빈도를 알아보고 이를 Fisher's exact test 및 ANOVA 검사법을 이용하여 통계 분석하였다. p값이 0.05 미만일 때 통계학적으로 유의하다고 판정하였다.

## 결 과

총 48예 중, 조기성장판 폐쇄로 인한 합병증은 10예에서 발생하였다. 합병증으로는 각변형과 하지 부동이 동반된 경우 5예(Fig. 1), 각변형 없이 2 cm 이상의 하지부동이 있었던 경우 3예, 비골단축을 보인 경우가 2예 있었다(Fig. 2). 나이에 따른 합병증은 11세 이하에서 25예 중 6예(24%), 11세 이상에서 23예 중 4예였고, 발생빈도에서 통계학적 의의는 없었으며( $p=0.331$ ), 성별에 따라서는 남자에서 34예 중 7예(20%), 여자에서 14예 중 3예(21%)였고 통계학적 의의는 없었다. 원인에 따라서는 교통사고를 고에너지 손상으로 그 외의 원인을 저에너지 손상으로 하여 비교하였는데, 고에너지 손상 24예 중 8예(33%), 저에너지 손상은 24예 중 2예(8.3%)의 빈도를 보였으며, 통계학적으로 경계성 의의를 보였다( $p=0.137$ , Fisher's exact test). 골절의 형태에서는 총 10예 중, Salter-Harris 1형과 2형에서 7예가 발생하였으며, 이 중 1형은 5예 중, 3예에서 발생하였고, 2형은 17예 중, 4예가 발생하였으며 1형에서 높은 발생 빈도를 보였고, 3형이 8예 중 1예, 4형이 5예 중 2예에서 성장판 조기 유합이 발생하였다(Table 1). 이행기 골절(transitional

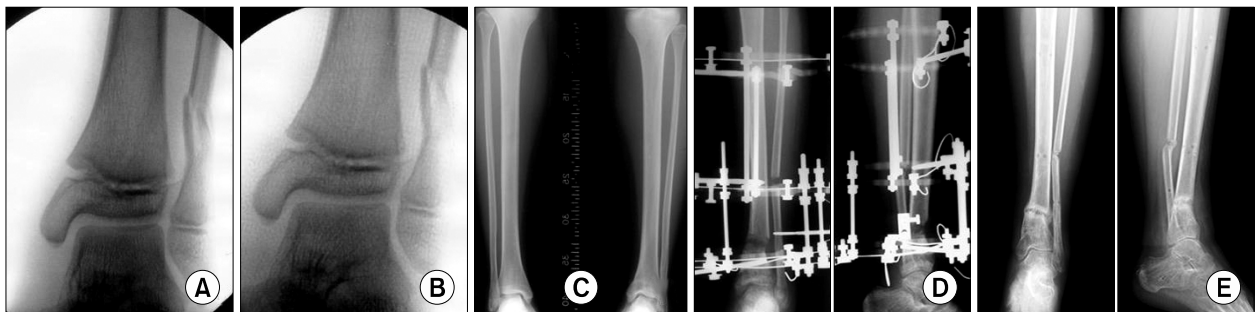
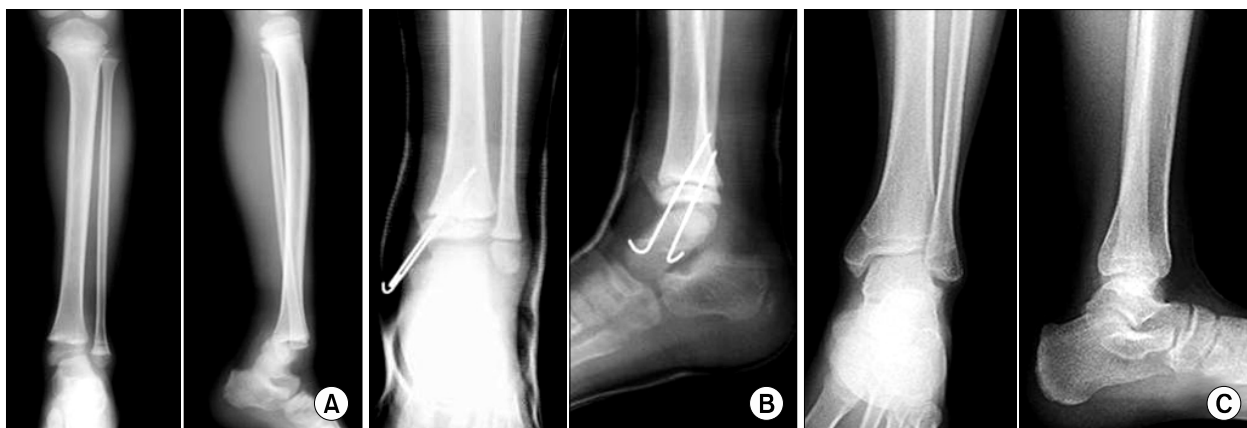


Fig. 1. A 11-year-old girl left distal tibia physeal injury was treated with closed reduction and cast, (A) Preoperative anteroposterior radiograph shows Salter-Harris type II physeal injury of distal tibia and fibular fracture, (B) Postcast radiograph shows undisplaced distal tibial physeal fracture but distance of medial physis is increased, (C) Radiographs at 3 years after closed reduction shows 3 cm shortening of the left tibia and 10° varus angulation of the left ankle joint, (D, E) Angulation correction and lengthening with Ilizarov apparatus was done.



**Fig. 2.** A 7 year-year-old boy sustained physeal injuries of the left ankle. (A) Preoperative radiographs show Salter-Harris type I physeal injury of the left distal tibia and fibula. (B) Postoperative radiograph after closed reduction and percutaneous pinning for distal tibia and closed reduction for distal fibular physeal fracture. (C) At postoperative 5 years, the radiographs show fibular shortening due to premature physeal closure of the distal fibular physis.

**Table 1.** The Treatment Methods and Premature Physeal Closure according to Fracture Configuration

SH type/ Treatment	CR & cast	CRPP	ORIF	No. of PPC
I	4 (3)	1	0	3
II	3 (3)	4 (1)	10	4
III	0	0	8 (1)	1
IV	0	0	5 (2)	2
Triplane	0	3	7	0
Tillaux	0	0	3	0
Total	7 (6)	8 (1)	33 (3)	10

CR, closed reduction; CRPP, closed reduction and percutaneous pinning; ORIF, open reduction and internal fixation, No., number; PPC, premature physeal closure; ( )=No. of PPC.

fracture)인 삼면골절 10예 및 연소기 Tillaux골절 3예에서 성장판 조기 유합이 발생한 예는 없었다. 발생기전에 따라서는 회외-내번 5예, 회내-외번-외회전형이 3예, 회외-족굴형 1예, 회외-외회전형 1예의 빈도를 보였다. 그렇지만 골절 형태 및 발생기전에 따른 합병증 발생 빈도에 있어서는 통계학적으로 의의는 없었다. 치료 방법에 있어서는 도수정복을 시행한 경우 15예 중 7예(47%)에서 합병증이 발생하였고, 관혈적 정복술을 시행한 경우 33예 중 3예(9%)에서 발생하여, 통계학적으로 의의 있는 결과를 보였다( $p=0.018$ ).

## 고 찰

성장판의 손상을 동반한 골절은 그 특수성 때문에 골절의 유형이나 전위 정도, 골절의 부위, 환자의 나이 등에 따라 치료방법의 다양성을 요구하며, 예후도 일정하지 않다. 일반적으로 Salter-Harris 1형 골절은 도수정복에 이은 석고붕대 고정이나 단순 석고붕대 고정에 의해 만족할 만한 결과를 얻고 있으며, 경골 원위부 성장판의 회전변형 골절을 도수 정복하여 좋은 결과를 얻었다고 보고되었다<sup>2,7,10,12</sup>. 골절편의 전위가 있는 Salter-Harris 3형 골절과 4형 골절 및 삼면 골절의 치료에 있어서는 골절의 정확한 정복을 위한 관혈적 정복의 필요성을 여러 저자들이 주장하고 있으며<sup>4</sup>, Kling 등<sup>9</sup>은 Salter-Harris 3형과 4형 골절에서 관혈적 정복으로 치료하였던 20예 중, 19예에서 합병증 없이 골절치유가 되었던 반면에 보존적 치료를 하였던 경우에는 9예 중, 5예에서 성장 장애를 유발하였다고 보고하였다.

Spiegel 등<sup>15</sup>은 237예의 소아 족관절 골절의 치료 결과를 연구 분석하여 저위험군(Low risk group)으로 Salter-Harris 1형과 2형, 1형 경골 골절, 비골 골절, 2 mm 이하의 전위가 있는 3형과 4형 골절을, 예측불허군(Unpredictable group)으로 2형 경골 골절을, 고위험군(High risk group)으로는 2 mm 이상의 전위가 있는 3형 골절 및 4형 골절, 5형 골절, 삼면골절, 연소기 Tillaux 골절 등을 각각 분류하여 각 군별 합병증 발생률을 6.7%, 16.7%, 32%로 보고하였으며, 성장판 손상의

예후를 결정하는 요인으로 환자의 골 성장상태, 손상의 심한 정도, 골절의 유형, 골절의 복잡성 및 전위정도, 골절정복의 정확도를 주장하였다.

고에너지 손상으로 인한 골절의 경우 심한 연부 조직 손상과 골절의 복잡성 및 전위 정도가 심하여 성장판 손상의 발생 빈도가 높게 나타날 수 있다. 하지만 현재까지 손상의 정도를 객관적으로 평가할 만한 지표가 없기 때문에 이에 대한 정확한 분석을 할 수 없었으며, 다만 원인 인자중 고에너지 손상으로 여겨지는 교통사고에서 기타 다른 원인에 비해 높은 조기 성장판 폐쇄의 발생빈도를 보여 성장장애에 영향을 미칠 수 있으리라 사료된다.

Johnson과 Fahl<sup>8)</sup>은 관혈적 정복 및 내고정술을 통해 성장장애의 빈도가 감소됨을 보고하였다. Barmada 등<sup>1)</sup>은 원위 경부 성장판 골절이후 발생하는 성장판의 조기폐쇄(Premature physeal closure)의 합병증의 경우, 해부학적 정복 후 전위 정도가 가장 중요한 인자라고 하였다. Rohmiller 등<sup>11)</sup>은 137예의 원위 경부의 Salter-Harris 1형 과 2형의 치료결과를 분석하여 39.6%의 성장판의 조기폐쇄를 보고하였으며, 수술적 치료를 하는 경우 그 발생빈도가 감소한다고 하였다. 또한 여러 치료 방법중 정확한 해부학적 정복을 시행하는 것이 성장판의 조기 폐쇄를 감소시킬 수 있다고 하였다. 저자의 경우 Salter-Harris 1형과 2형 골절에서 조기 성장판 폐쇄는 32%였으며, 도수정복을 시행한 1형 골절의 경우 조기 성장판 폐쇄는 5예 중 3예에서 발생하였고, 2형 골절에서는 도수정복을 시행한 경우 7예 중 3예에서 발생하였다. 관혈적 정복을 시행한 경우는 10예 중 1예로 도수정복을 시행한 경우에 있어서 높은 조기 성장판 폐쇄가 발생하였다. 저자들의 결과에서 도수 정복 후, 높은 성장판 조기 유합의 빈도를 분석해 보면, 도수 정복 후 전위에 대한 허용범위를 2 mm를 기준으로 하였지만 수술 당시 성장판 부위에 골막이 감입되어 발생한 골교 형성, 도수 정복후 골절 부위가 불안정하여 발생한 재전위(redisplacement), 무리한 반복적 도수 정복(forceful repeated closed reduction)등이 원인적 인자로 작용하였을 것으로 생각된다. 성장판 골절 부위의 감입된 골막은 골교를 형성함으로써 조기 성장판 유합을 일으킬 수 있다. 기존의 동물 실험을 이용한 연구에서도 성장판 골절을 일으킨 후 골막을 감입시킨 경우와 감입시키지 않은 군을 비교해 볼 때, 성장판에 골막이 감입된 군에 골교 형성이 의미 있게 증

가한다고 보고된바 있다<sup>6,13)</sup>. 따라서 Salter-Harris 1형 과 2형 골절의 경우라도 성장판 골절 부위의 전위가 정복되었다 할지라도 성장판 골절 부위의 간격이 넓어져 있다면 수술적 치료를 통해 감입된 골막을 제거하고 정확한 해부학적 정복을 하는 것이 성장판 조기 유합의 발생을 감소시킬 수 있으리라 사료된다. 또한 만족한 도수 정복을 수술 당시 얻었다 할지라도 골절이 불안정할 경우 재전위의 위험이 있으므로, 도수 정복 후 골절에 불안정성이 있는 경우는 경피적 고정술을 실시하여 골절의 재전위를 예방하여야 한다. 또한 도수 정복시 한 두 차례 정복을 시도하여 정확한 정복을 얻을 수 없으면 무리한 반복적 도수 정복을 피하고 관혈적 정복을 통한 정복을 실시하여야 할 것으로 생각된다.

본 연구의 제한점으로는 성장판 조기유합여부를 판정하는 기준으로 최종 추시상 단순 방사선 소견 만으로 각 변형, 하지 부동, 비골 단축 등을 판정하였다는 것이다. 단순 방사선 소견만으로는 아주 경미한 성장판 조기유합이 발생했던 경우는 판정이 불가능하며, 성장판 조기 유합 여부를 알기 위해서는 골 성장이 멈추는 시기(skeletal maturity)까지의 장기 추시 관찰이 요구된다. 따라서 1-2년 정도의 단기 추시 및 경미한 성장판 조기 유합을 진단하기 위해서는 MRI나 3차원적 전산화 단층 촬영(3D computed tomography)와 같은 특수 검사로서 보다 정확한 진단을 할 수 있을 것으로 사료된다.

## 결 론

성장판 손상 후 성장판 조기 유합의 빈도는 정확한 골절 정복을 통해 낮출 수 있으며, 수술적 치료를 통해 감입된 골막을 제거하고 정확한 해부학적 정복을 하는 것이 조기 성장판 유합을 감소시킬 수 있을 것으로 사료된다.

## 참고문헌

1. Barmada A, Gaynor T, Mubarak SJ: Premature physeal closure following distal tibia physeal fractures: a new radiographic predictor. *J Pediatr Orthop*, 23: 733-739, 2003.
2. Broock GJ, Greer RB: Traumatic rotational displacements of the distal tibial growth plate. A case report. *J Bone Joint Surg Am*, 52: 1666-1668, 1970.
3. Dias LS, Tachjdian MO: Physeal injuries of the ankle in children: classification. *Clin Orthop Relat Res*, 136: 230-233,

- 1978.
4. **Dingeman RD, Shaver GB Jr:** Operative treatment of displaced Salter-Harris III distal tibial fractures. *Clin Orthop Relat Res*, 135: 101-103, 1978.
  5. **Dugan G, Herndon WA, McGuire R:** Distal tibial physeal injuries in children: a different treatment concept. *J Orthop Trauma*, 1: 63-67, 1987.
  6. **Gruber HE, Phieffer LS, Wattenbarger JM:** Physeal fractures, part II: fate of interposed periosteum in a physeal fractures. *J Pediatr Orthop*, 22: 710-716, 2002.
  7. **Henke JA, Kiple DL:** Rotational displacement of the distal tibial epiphysis without fibular fracture. *J Trauma*, 19: 64-66, 1979.
  8. **Johnson EW Jr, Fahl JC:** Fractures involving the distal epiphysis of the tibia and fibula in children. *Am J Surg*, 93: 778-781, 1957.
  9. **Kling TF Jr, Bright RW, Hensinger RN:** Distal tibial physeal fractures in children that may require open reduction. *J Bone Joint Surg Am*, 66: 647-657, 1984.
  10. **Lovell ES:** An unusual rotatory injury of the ankle. *J Bone Joint Surg Am*, 50: 163-165, 1968.
  11. **Rohmiller MT, Gaynor TP, Pawelek J, Mubarak SJ:** Salter-Harris I and II fractures of the distal tibia: does mechanism of injury relate to premature physeal closure? *J Pediatr Orthop*, 26: 322-328, 2006.
  12. **Nevelös, AB, Colton CL:** Rotational displacement of the lower tibial epiphysis due to trauma. *J Bone Joint Surg Br*, 59: 331-332, 1977.
  13. **Phieffer LS, Meyer RA Jr, Gruber HE, Easley M, Wattenbarger M:** Effect of interposed periosteum in an animal physeal fracture model. *Clin Orthop Relat Res*, 376: 15-25, 2000.
  14. **Salter RB, Harris WR:** Injuries involving the epiphyseal plate. *J Bone Joint Surg Am*, 45: 587-622, 1963.
  15. **Spiegel PG, Cooperman DR, Laros GS:** Epiphyseal fractures of the distal ends of the tibia and fibula? A retrospective study of two hundred and thirty-seven cases in children. *J Bone Joint Surg Am*, 60: 1046-1050, 1978.

#### = 국문초록 =

**목 적:** 소아의 족관절 성장판 손상을 치료한 사례에 대하여 조기 성장판 유합을 초래 할 수 있는 원인인자를 분석해 보고자 하였다.

**대상 및 방법:** 1년 이상 추시가 가능하였던 48예를 대상으로 후향성 연구를 하였으며, 수상당시의 나이, 성별, 손상원인, 골절유형, 발생기전, 수술방법 등에 따른 조기 성장판 유합의 빈도를 알아보고 통계 분석하였다.

**결 과:** 조기 성장판 유합은 10예에서 발생하였고, 이중 2 cm 이상의 하지단축은 3예, 각변형 및 하지부동이 동반된 경우는 5예, 비골 단축은 2예였다. 나이, 성별, 원인, 골절유형에 따른 통계학적 의의는 없었다( $p > 0.05$ ). 그러나 도수정복을 시행한 군에서 관혈적 정복을 시행한 군보다 성장판 조기 유합의 발생에서 높은 빈도를 보였다( $p = 0.018$ ).

**결 론:** 성장판 손상후 성장판 조기 유합의 빈도는 정확한 골절 정복을 통해 낮출 수 있으며, 수술적 치료를 통한 정확한 해부학적 정복을 시행함으로써 합병증을 최소화 시킬 수 있을 것으로 사료된다.

**색인 단어:** 소아, 족관절, 성장판 손상, 성장판 조기 유합