

비골 외과가 족관절의 정상 성장 및 생체역학에 미치는 영향

—소아에서의 임상적 장기 추적에 의한—

가톨릭 의과대학 성모병원 정형외과학교실

김 인 · 이승구 · 김용식 · 권순용 · 유기원 · 박성진

— Abstract —

The Role of Lateral Malleolus in Normal Growth and Biomechanics of Ankle

—Clinical long-term study in growing children—

In Kim, M.D., Seung-Koo Rhee, M.D., Yong-Sik Kim, M.D., Soon-Yong Kwon, M.D.,
Kee-Won Ryu, M.D. and Seong-Jin Park, M.D.

*Department of Orthopaedic Surgery, St. Mary's Hospital, Catholic University Medical College,
Seoul, Korea*

We tried to evaluate the role of lateral malleolus in development and biomechanics of ankle in growing children through the clinical long-term follow-up study for the nine cases of fibular pseudoarthrosis and also the nine children with epiphyseal injury of distal tibial epiphysis, and followed them for more than 10 years.

As a first part of this study, nine children had valgus deformity of the ankle, resulting from fibular pseudoarthrosis due to post-traumatic or sequelae of fibular osteomyelitis and treated by Langenskiöld's bone grafting in four, supramalleolar corrective osteotomy in 3 and observation in 2 children. The Langenskiöld operation to make a bony bridge between tibial and fibular metaphyses on just below the pseudoarthrosis was effective to prevent the valgus ankle deformity in growing child, but the ankle deformity was recurred again in long-term follow-up and needed to corrective osteotomy later. The mechanism of production of the lateral malleolar elevation and of the valgus ankle deformity was removal of the physiologic thrust of growth contribution by the proximal fibular epiphysis, tethering effect of inelastic soft tissue around the pseudoarthrosis and also the early closure of lateral part of distal tibial epiphysis due to longstanding concentration of stress by increasing valgus ankle.

As a second part of study, nine children had varus and internal rotational deformities of the ankle, resulting from fracture or fracture-separation of distal tibial epiphysis but intact the fibular and its epiphysis, and treated initially by percutaneous K-wire fixation. The distal fibula was

* 본 논문의 요지는 1991년 대한 골절학회 추계 학술대회에서 구연하였으며, 가톨릭 의과대학 중앙의료원의 연구비로 이루어졌음.

hypertrophied, their cortex was also thickened and lateral bending deformity was severe upto 80° as adaptive changes according to the severity of varus deformity. The mechanism of varus ankle deformity was the pulling down action of tibio-fibular ligament and joint capsule by the continuous fibular growth to the distal tibia which was arrested in growth by on distal tibial epiphysis the trauma.

As a conclusion, the fibula in growing children was very important to develop the normal ankle and in its biomechanics, and if it is damaged in growing period, it must be restored to normal ankle and also followed them for the end of skeletal maturity.

Key Words : Lateral malleolus, children, normal growth of ankle, ankle biomechanics, Langenskiöld's operation

머 리 말

일반적으로 족관절에서의 비골 외과의 해부학적 기능은 족관절의 외측 지주으로써 주위 9개 근육들의 부착장소이며, 경골 내과와 함께 족관절의 운동시 거골을 안전하게 유지시키며, peronei 근육들의 pulley로 작용함은 물론 하중의 1/6을 전도하는 것으로 알려져 있다³⁾. 따라서 Ogden¹²⁾은 비골외과가 족관절의 생체역학상 가장 중요한 구조물으로써, 성장기 소아에서 족관절의 정상 발육에 크게 기여한다고 하였다. 특히 소아 족관절 주위에는 스포츠 손상이나 골절이 드물지 않을 뿐더러, 생체 역학적으로도 소아의 관절 연골(epiphyseal cartilage)은 골격이나 정상 건 및 인대보다 강도가 약하여 성인에서는 골절보다는 인대 파열이 흔한 반면 소아에서는 epiphyseal avulsion fracture나 성장판 손상이 흔하다. 이에 저자들은 소아의 비골 성장장애가 족관절의 정상발육과 생체역학에 미치는 영향을 알아보고자 첫째, 성장기 소아에서 비골 간부의 결손으로 비골의 정상 성장이 저해될 때 족관절의 성장에 미치는 영향, 둘째, 비골의 성장은 정상이나 경골 원위부 골단 손상으로 경골 원위부의 정상 발육이 저해될 때 비골의 성장이 족관절에 미치는 영향 등 두 부분으로 나누어 임상적 장기 추적을 시행하였다.

제1부 : 소아에서의 후천성 비골 가관절증에 의한 족관절 외반변형의 기전

=Langenskiöld 수술의 장기 추적 결과=
(Valgus deformity of ankle resulting from acquired fibular pseudoarthrosis in children)

서 론

1941년 Boyd⁴⁾는 선천성 비골 결손증 환자에서 성장에 따라 족관절의 외반변형이 증가됨을 보고한 바 있고, 1968년 Paluska와 Blount¹³⁾은 비골을 타부위의 병변치료를 위한 골이식용으로 수술적 제거한 소아에서 성장에 따른 비골외과의 상방거상으로 족관절의 외반변형이 증가됨을 역시 보고하였다. 이후 Wiltze¹⁶⁾ 및 Hsu^{6,7)}들에 의하여 성장기 소아에서 비골의 결함은 족관절의 정상발육을 저해시켜 외반변형이 초래되는데, 이는 성장에 따른 비골외과의 상방거상과 함께, 정상 하중이 경골의 외측부에 집중됨으로써 경골의 원위 성장판중 외측에 점진적인 성장저해 및 조기 유합되기 때문이라 하였다.

또한 이러한 성장기 소아의 비골 가관절증에 의한 족관절의 외반변형을 예방하기 위하여 1967년 Langenskiöld¹¹⁾은 초기에 원위 경-비골간의 골유합 수술을 주장하면서 3예의 양호한 임상결과를 증례 보고한 바 있다.

이에 저자들은 본 연구를 통하여 성장기 소아에서의 비골 가관절증이 족관절의 정상 발육에 어느 정도 영향을 미치며, 비골 원위부의 상방거상과 족관절의 외반변형과의 발생기전 및 이에 대한 치료로써 Langenskiöld 수술의 장기 추적 결과를 보고하고자 한다.

연구대상 및 방법

1980년 3월부터 1988년 12월까지 가톨릭 의과대학 부속 성모병원 정형외과에서 하지 외상 및 비골 골수

염증으로 발생한 후천적 비골 가관절증 소견을 보인 9예의, 평균 연령 6세(1세~15세)의 소아를 대상으로 하였다. 최종 추시시 환아들의 연령은 7세에서 20세로 평균 3년(최소 8개월에서 최고 12년)이상 장기 추시하였으며, 남녀의 비는 4:5였다(Table 1).

본 연구의 목적은 이들에 대한 장기 추적율을 통하여 성장기 소아의 후천적 비골 가관절증이 첫째 족관절의 성장발육에 미치는 영향을 알아보고, 둘째, 연령에 따른 족관절 외반변형의 정도 및 생체역학적 면에서의 외반 발생기전을 추적하고, 셋째, 외반변형의 예방을 위한 경골상과 절골술의 장기 추적 결과 및 마지막으로 Langenskiöld수술의 평균 11년 이상의 장기 추적 결과를 보고하고자 한다(중례 1).

연구방법은 첫째, 연령에 따른 족관절 외반 변형의 진행 정도와 비골과의 상방거상율을 각 환아들의 추적 방사선 사진으로 측정하였고, 둘째, 경골 상과 절골술 및 Langenskiöld 수술시 잔여 골성장 연령과 변형의 정도의 정도에 따른 계측후 수술후의 경과를 역시 임상 및 방사선 사진으로 추적하였다.

중례 분석

6예는 비골에 발생한 급-만성 골수염에 의해서, 또 3예는 비골 골절 후유증으로 인한 비골 간부에 발생한 가관절증이었으며, 이들 모두의 초진시 방사선상 족관절 및 경-비골의 원위골단과 성장판들은

모두 정상 소견이었다. 총 9예중 6예는 처음 관찰시 이미 어느 정도의 족관절 외반 변형이 진행중이었어서 이에 대한 교정 절골술 및 원위 경-비골간 골유합술(이하 Langenskiöld 수술¹⁾)을 시행하였고, 3예는 족관절 외반변형이 없었으나 1예는 예방목적의 Langenskiöld 수술을 하였고 나머지 2예는 환자의 수술 거절로 관찰중이다. 즉 총 9예중 7예에서 수술 가료하였고, 이중 4예는 경골 상과 절골술(supra-malleolar corrective osteotomy)로 족관절의 외반 변형을 교정하고, 또 Langenskiöld 수술로서 성장에 따라 예상되는 족관절의 외반 변형을 예방하고자 하였다. 나머지 3예중 2예는 골성장이 끝나가는 14세 이후여서 경골 상과 절골술만을 시행하였고, 1예는 심한 외상으로 비골외과의 일부분만 남아있는 비골외과를 경골 원위부 골간단(distal epiphysis)에 고정하였으며 15년간 원격 추시하였다(Fig. 3).

결과 분석

후천적 비골 가관절증을 가진 총 9예에서 장기 추적시 성장에 따른 경골 원위부 외측 골 성장판의 조기 폐쇄 및 비골 외과의 상방거상과 함께 불안정한 족관절의 외반변형 소견을 보였으며, 초진시 환아들의 족관절 외반 변형각은 평균 15.2°였으며 35°이상의 외반 변형은 없었고 평균 10° 미만의 내회전 변형이 관찰되었다. 이러한 외반 변형은 가관절증이 발

Table 1. Case analysis

Case	Age/ Sex	Causes of ● pseudoarthrosis	Upward migration of lat. malleolus	Valgus instability	Initial amount of valgus def.	Duration of follow-up	Results
* 1	3/M	Osteomyelitis	+	+	15°	11yrs	Recurrence of valgus deformity after Langenskiöld op.
* 2	4/F	Osteomyelitis	+	+	12°	5yrs	Normal appearing
* 3	1/F	Osteomyelitis	+	+	36°	3yrs	"
4	15/M	Trauma	+	+	10°	4yrs	—
* 5	7/F	Osteomyelitis	+	+	10°	6yrs	Normal appearing
* 6	6/M	Trauma	+	+	15°	3yrs	"
7	2/F	Trauma	+	+	8°	3yrs	—
* 8	8/F	Osteomyelitis	+	+	18°	12yrs	Initially lat. malleolus was fixed into distal tibia and recurred valgus deformity
* 9	1/F	Osteomyelitis	+	+	10°	3yrs	Recurrence of valgus deformity after corrective osteotomy

*: operated cases

- Fig. 1. A.** Radiograms of lower leg at his age of 2 years showed extensive segmental absence of fibular shaft due to chronic osteomyelitis.
- B.** Serial radiograms showing upward migration of lateral malleolus and partial necrosis of lateral part of distal tibial epiphysis resulting valgus ankle deformity, and also the outcome of supramalleolar osteotomy and the Langenskiöld operation at age of 7 years to correct the ankle deformity (arrow).
- C.** Radiograms at his age of 14 years showed 1.2cm shortening and also increase valgus ankle deformity. Arrow indicated solid fusion between distal tibia and fibula by the Langenskiöld operation.
- D.** Ankle deformity was measured by 23° of valgus deformity.
- E.** The supramalleolar corrective osteotomy was done again, and ankle deformity was measured by 8° of varus, overcorrected, because of further expecting growth.

생했을 때의 환자의 나이가 어릴수록 그리고 추적기간이 길수록 증가하였고, 또 비골외과의 상방거상의 정도와도 비례하였는데, 이 사실은 장기 추적시 경골의 원위부 외측 골 성장판이 체중 부하시 지속적인 하중등으로 조기 폐쇄되면서 외반 변형이 증가되는 것으로도 증명되었다(증례 1 및 2).

수술가료한 7예중 4예의 족관절의 외반 변형은 수술후 정상측과 비슷하게 교정되었으며, 족관절의 외반 불안정성은 소아기 성장에 따른 개수 능력(remodeling potential)에 의하여 자연교정되어 정상 족관절 소견을 보였는데, 이들은 교정 절골술시 연령이 많거나 변형의 정도가 경하거나 또는 추적기간이 최

- Fig. 2. A.** Radiograph of lower leg in 2-year old girl showed extensively disappeared fibula except small part of lateral malleolus epiphysis to maintain the ankle stable (arrow).
- B.** Mild ankle valgus deformity (15°) but relatively good in ankle shape with stability was noted.
- C.** Valgus deformity at her age of 16 years was a little bit more increased upto 15° and she complained occasional dull pain around ankle joint after long standing or walk in long distance, but the lateral malleolus are still in there holding the talus.
- D.** Supramalleolar corrective osteotomy was performed.

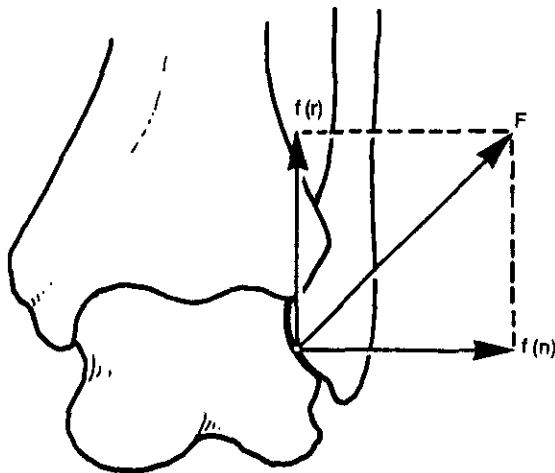


Fig. 3. The force F generated at the tibio-fibular joint on weight-bearing is a resultant vector with a component vector (V) that transmits a vertical force.

소 3년에서 최고 6년으로 다소 짧아서 향후 골성장이 끝날때까지 주기적인 관찰이 요하였다. 반면 수술가료한 7예중 3예에서는 일차 변형 교정술후 장기 추적시 족관절 외반 변형이 재발하였는데 이들은 모두 평균 9년이상 (3년~12년) 장기 추적되었으며, 비골 가관절증의 발생연령이 3세 이하로 낮았으며, 이들도 이차 변형 교정 절골술 후 계속 추시중이다 (Table 1).

본 연구에서 소아에서의 비골 가관절증은, 첫째 비골 근위부로 부터 족관절로 가해지는 정상 하중 (physiologic stress)이 결여되고, 둘째, 가관절 주위의 탄력성이 없는 연부 조직들이 비골 원위부를 견인하는 소위 tethering effect, 및 셋째, 연령의 증가에 비례하여 족관절의 외반변형이 경골 원위 외측 골성장판을 조기 폐쇄시키는 등의 원인으로 외반변형이 가중된 것으로 판단되었다 (Fig. 8).

증례 보고

증례 1. 최○민 14/M (Fig. 1)

2세경 비골 간부에 발생한 급성 혈행성 골수염으로 후천적 비골 가관절증이 발생하여 (Fig. 1A), 3세경 (Fig. 1B), 비골외과의 상방거상과 함께 경골 원외부 외측 골단의 성장저해 소견과 함께 족관절의 외반 변형이 발생하였다. 경과 관찰중 7세때 변형교정을 위한 경골상과 절골술을 시행하고 성장에 따른 변형 재발을 예방하기 위한 원위 경-비골간 골 유합술 (Langenskiöld op.)을 시행하였다. 11세때 경도의 외반변형 소견을 보이나 임상적 불안정성이나 동통 등이 없어 추시하던 중, 14세때 (Fig. 1E) 23°의 외반각의 증가와 함께 간헐적인 운동 후 동통을 호소하여, 향후 잔여 골성장을 고려하여 8° 과교정된 족관절 내반위로 경골상과 교정술을 재차 시행하고 (Fig. 1E), 하지단축은 1.2cm이며 경골 원위부의 medial bowing이 경하게 관찰되지만 경과 관찰중이다.

증례 2. 김○자 17/F (Fig. 2)

환자 나이 2세경 비골의 만성 골수염으로 비골 원위 골단만이 남아있는 후천적 비골 가관절증이 발생하여, 비골 원위골단을 경골 원위골단에 K-강선고정하는 modified Langenskiöld op. 을 시행하였으며 (Fig. 2A), 15년이 경과된 17세경 23°의 족관절 외반 변형 및 동통과 불안정성을 주소로 입원하여 (Fig. 2B & 2C), 교정 절골술을 시행하고 추시중이다

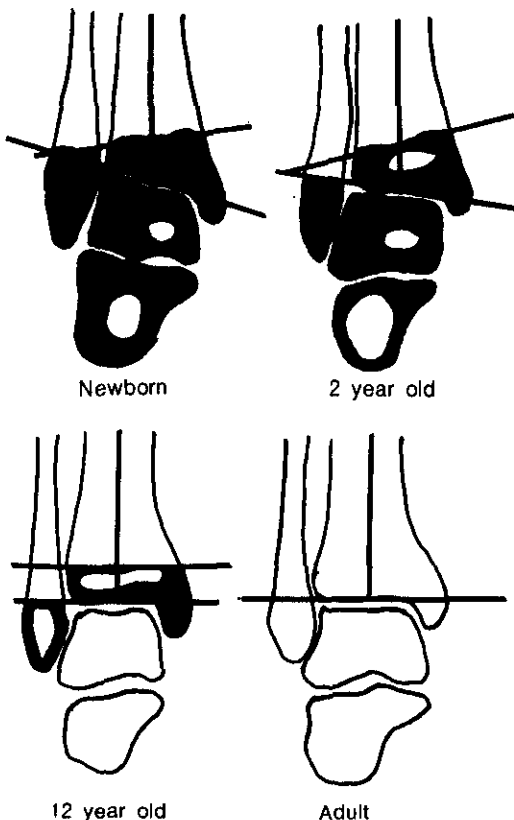


Fig. 4. Obliquity of the ankle mortise and skeletal development of ankle.

- Fig. 5.** A. Salter-Harris type III of medial epiphyseal fracture in distal tibial epiphysis was treated with K-wire fixation at his age of 5 (arrow).
 B. One year after epiphyseal injury, 10° of varus ankle deformity, opening of lateral distal tibial epiphysis and adaptive lateral bending of lateral malleolus were noted (arrow).
 C. Six years after trauma, varus deformity was increased upto 24°, and early closure of lateral distal tibial epiphysis as well as the more increased lateral bending on lateral malleolus were also found.
 D. Immediate supramalleolar osteotomy
 E. Five months after operation (11 year old), the ankle deformity was corrected, but we are still observing him for the possible recurrence of varus deformity later.

(Fig. 2D).

제1부 : 결 론

1980년 3월부터 1988년 12월까지 후천성 비골 가관절증에 의해 발생한 족관절 외반 변형으로 가료한 9명의 환아를 평균 3년이상 장기 추적하여 다음의 결과를 얻었다.

1. 총 9예중 6예는 비골의 골수염, 3예는 외상에 의하여 비골 가관절증이 발생하였으며, 평균 15.2°의 족관절 외반변형을 보였으나 36° 이상의 외반변형은 없었고, 족관절의 내회전 변형은 평균 10°미만으로 경하였다. 3예는 수술후 성장에 따라 정도의 외반변형이 재발되었다.

2. 비골 가관절시 성장에 따른 족관절 외반변형의 발생원인은, 첫째 비골 근위골단의 성장에 따른 비골 원위부로 physiologic thrust의 결함, 둘째 가관

절 주위 연부조직의 비골 원위부의 견인 효과 (tethering effect), 셋째 비골 외과의 상방견인으로 인한 경골 원위 외측골단의 조기 성장 억제 등이 그 원인으로 분석되었다.

3. 비골 가관절의 치료방법 중 원위 경-비골간 골유합술인 Langenskiöld 수술은 술 후 단기간의 족관절 안정성에는 효과적이었으나, 환자의 골격 성장의 잔여 기간 및 연령의 증가에 따른 장기 추적시 족관절 외반변형이 재발하였으며, 이에 따른 교정 절골술이 필요하였다.

제2부 : 소아 경골의 원위 골단 손상후 족관절 내반 및 외회전 변형

(Varus and external rotational deformity of ankle after epiphyseal injury of distal tibia)

Fig. 6. A. Salter-Harris type I fracture of distal tibial epiphysis by pedestrian traffic accident was happened in this 6-year-old girl.
 B. Treated with K-wire fixation
 C. Four years after the fracture, 32° of varus ankle deformity and adaptive lateral bending on distal fibula was noted (arrow).
 D. Seven years after the epiphyseal injury, 40° of varus ankle and the fibula angulated more acutely.
 E. Immediate after the corrective supramalleolar osteotomy.

서 론

소아 경골의 원위 골단 및 성장판은 해부학적 특성과 제한된 관절운동등으로 족관절 주위에 가해지는 crushing 또는 회전력에 쉽게 손상받으며, 전체 골단 손상의 10% 정도의 빈도를 보인다^{8,10)}. 일반적으로 골격 성장기의 골단은 인대보다 약하여 그 손상의 빈도가 높게되며, 특히 경골의 원위 골단 및 성장판의 손상은 11세—15세 경의 남아에서 빈발한다¹²⁾. 이러한 경골의 원위 성장판 손상에 관하여는 그 형태, 분류 및 치료에 대한 많은 보고가 있으나 장기 추적의 결과는 거의 없다¹²⁾. 본 연구를 위하여 저자들은 경골의 원위 골단 및 성장판만을 침범하고, 비골은 손상받지 않은 Lauge-Hansen의 골절기전상 supination-inversion(adduction-internal rotation)손상 예들 중 10년이상 추시한 9예를 대상으로 하여, 경골 원위 골단에 전체 또는 부분적인 성장장애가 있고 비골은 계속 정상 성장하여 나갈때 성장에 따른 족관절의 변형과정을 추적하여 비골외과가 정상 족관절의 발육에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

연구대상 및 방법

1975년 2월부터 1990년 12월까지 족관절 주위의 원위 경골 골단 및 성장판에 손상이 있고 비골은 정상이었던 총 31예중 평균 10년이상 장기 추적이 가능하였던(5년~15년) 9예를 대상으로 하였다. 사고 당시의 과거력은 불확실하나, 골절 원인은 교통사고가 6예, 추락이 3예였고, 남녀별로는 7:2, 수상시환아의 연령은 4세에서 11세로 평균 7.5세였다.

연구방법은 추시된 단순 방사선상 족관절 주위의 변형 및 골 성장판의 폐쇄유부등을 확인하고, 비골의 지속적 성장에 따른 족관절의 외형등을 방사선 및 임상적으로 관찰하였다. 또 족관절의 변형정도에 따라 각종 교정 절골술등을 시행하였는데 이들의 술 후 추적을 통한 족관절의 발육과정도 장기 추시하였다.

결과 분석

골절 기전상은 Lauge-Hansen의 supination-inversion 기전에 의한, Salter-Harris의 분류상 I 형과

II형이 2예씩, III형이 1예 및 IV형이 4예였다. 초진 시 전레를 K-강선등을 이용한 관혈적 정복후 장기 추시하였다.

결과적으로 족관절에는 비골의 지속적인 성장과 경골의 성장장애로 인하여 심한 내반 변형과 외회전 변형이 관찰되었는데, 내반 변형은 24° — 80° 까지 평

균 39° 의 내반 변형을 보였으며, 외회전 변형은 평균 23° 의 회전변형을 보였다. 동시에 비골 원위부는 건측의 비골과는 다소 길이 성장이 저해되었으며 점진적으로 내측으로 휘어져 내반변형을 유도하였고, 체중부하와 관련된 비골의 hypertrophy가 심하였고, 외형적으로는 비골 외과 부위에 심한 skin hypertro-

Fig. 7. Serial roentgenograms for the development of varus ankle deformity after the distal tibial epiphyseal injuries with intact fibula.

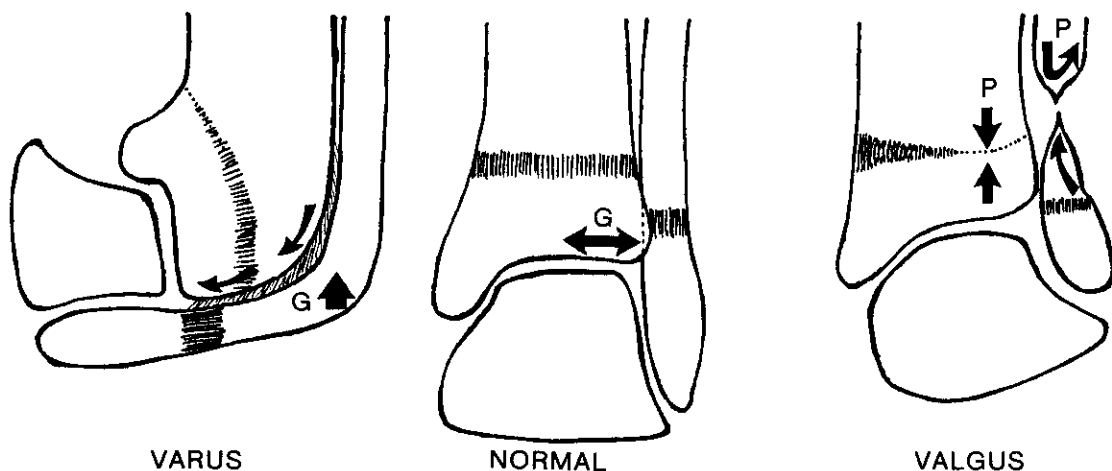


Fig. 8. Our proposed mechanisms of varus and valgus deformity of children's ankle

phy가 관찰되었다. 특히 경골 내과는 내반변형의 증가에 따른 stress concentration으로 상방거상되다가 소실되는 방사선상 소견을 보였으며 심한 경우에는 족부의 아탈구 소견을 나타내었다(Fig. 7).

또한 경골 원위부 성장판은 비록 수상초기에 전층이 손상되었다하더라도 성장함에 따라 비골외과의 지속적 길이 성장 및 hypertrophy 등으로, 경골 원위부 외측 성장판은 다소 성장이 지속되었고 반면 내측 성장판은 초기 외상에 의하여 조기 성장 정지되었는데, 이는 비골의 지속적 길이 성장에 따라 하 1/3부위의 경-비골간 관절의 전후방 인대들이나 족관절낭에 의한 하방 견인력(mechanical pulling down action)때문인 것으로 판단되었다(Fig. 8).

증례 보고

증례 3. 김○섭 12/M(Fig. 5)

환자 나이 5세때 교통사고후 경골 원위 성장판에 Salter-Harris type III의 손상후 K-강선 고정하였고(Fig. 5A), 1년후 10°의 내반변형과 함께 비골 원위부의 mild lateral bending소견을 보이며(Fig. 5B), 6년 후 24°의 증가된 내반변형 및 경골 내측 골단판의 폐쇄 및 골결손이 보이며 비골 원위부의 lateral bending이 더 심화되었다(Fig. 5C). 경골 및 비골에 대한 과상부 절골술로 knee-ankle alignment가 정상으로 회복되었고(Fig. 5D), 술후 5개월시(12세) 정상보행중이다(Fig. 5E).

증례 4. 이○교 13/F(Fig. 6)

환자나이 6세때 교통사고후 경골 원위 성장판에 Salter-Harris의 type I 손상에 대하여 K-강선 고정하였으며(Fig. 6A & 6B), 4년 후 30°의 내반변형과 비골에 adaptive lateral bending 변형을 보이고(Fig. 6C), 7년후 40°로 내반변형이 증가되어(Fig. 6D), 역시 경-비골 상과 절골술로 교정후 추시중이다(Fig. 6E).

제2부 : 결 론

1975년 2월부터 1990년 12월까지 만 15년간 체험한 소아 경골 원위 골절 31예중 평균 10년이상 관찰한 9예를 대상으로 다음의 결과를 얻었다.

1. 족관절 골절후 내반변형으로 절골술을 시행한

9예의 골절기전은 Lauge-Hansen의 골절기전상 전례가 supination-inversion injury였고, Salter-Harris의 골절 형태는 경골 내측 골단을 침범하는 III과 IV형이 5예, 그리고 드물게 경골 전층이 내측전이를 일으킨 I 또는 II형의 4예였다.

2. 평균 39°의 내반변형을 보였으며 80°까지의 심한 내반 변형으로 까지 발전하였고, 동시에 평균 23°의 족관절의 외회전 변형도 발생하였다.

3. 경골 원위 내측골단의 성장 정지에 따라 비골의 성장은 건축에 비하여 지연되지만 지속되어 내반 및 외회전 변형이 진행되었는데, 이는 비골의 성장에 따른 distal tibio-fibular ligament 및 내외측 족관절낭 및 족관절 주위 인대의 경골에 대한 하방 견인력때문인 것으로 판단되었다.

토 론

비골의 기능은 동물마다 달라서, 양서류(amphibia)의 비골은 경골보다 훨씬커서 체중부하에 보다는 큰 역할을 하며, 파충류(reptiles)의 비골은 경골보다는 작아 부분적 체중부하에 관여하고, 말과같은 반추동물(ruminants)은 비골이 경골의 중간 부위에서 소실되거나 fibrous band로 혼적만 있다. 또한 육식동물(carnivora)이나 영장류(primates)는 완전한 비골을 갖고는 있으나 체중부하에는 관여하지 못한다. 단지 이들중 유일하게 인간만이 비골 외과가 경골 외과보다 길며 부분적인 체중부하의 역할을 하고 있을 뿐이다³⁾.

족관절에서 경골과 비골은 극히 밀접한 관계로써 비록 원위 비골골단은 40% 그리고 원위 경골골단은 43-44%의 약간 다른 장관골 골성장율을 갖고 있지만, 성장에 따른 족관절의 발육은 완전하며, 생체역학적 체중부하와 앞으로의 전진동에 효율적 기능을 갖게 된다. 발생학적으로 신생아의 족관절은 약간 내반위치로 있으나 12세경 이후에는 슬관절과 평행되어 체중부하에 무리가 없게 발육된다(Fig. 4). 또한 성인에서의 족관절에 걸리는 하중은 원위 경비골간 관절을 통한 비골이 전체 체중의 약 1/6을 감당케 되며⁹⁾(Fig. 3), 해부학적으로 비골 외과는 경골 외과보다 3/4"하방 및 후방에 위치하고³⁾, 또 하 1/3의 경비골간 관절은 전방인대 및 전방인대보다 강한 후방인대로 구성된 syndesmoses joint로써 체

중부하지 비골 외과는 거골의 외측 관절면을 따라 최고 1/2"까지 하향하게 된다. 이는 거골이 비골 외과와는 거골 외측부의 2/3가 관절연골이며, 경골 외과와는 거골 내측부의 단지 1/3만이 관절연골로 덮여 있는 것과도 일치한다. 이러한 족관절에서의 비골 외과의 해부학적 위치는 본 연구에서와 같이 비골 가관절증에서는 10° 미만의 경한 내회전변형이 그리고 경골 원위부 골 성장판의 손상예에서는 평균 23° 까지의 심한 외회전 변형이 발생하는 원인이 된다고 판단된다.

선천성 비골 가관절증의 경우나, 외상으로 인한 비골의 부분적인 분절 상실 또는 비골의 급만성 골수염의 후유증, 및 비골간부를 족관절 유합이나 선천성 경골 가관절증 등의 치료로서 제거한 경우등과 같이 성장기 소아에서의 비골의 길이 단축은 필연적으로 성장에 따라 비골외과가 상방거상 되면서 족관절의 외반변형과 불안정성이 동반하게 된다^{6,7,11,13,16}. 이러한 변형의 기전을 Hsu^{6,7}는 비골 가관절시 비골외과가 상방거상되는 이유가 체중부하지 근위 비골골단에서 원위 비골골단으로 향하는 정상 생리적 자극(physiologic thrust)이 차단되기 때문이라 하였다. 본 연구에서 저자들은 상기 기전외에도 가관절이 형성된 주위의 탄력성이 없는 연부조직들이 원위 비골을 견인하고 있을 가능성도 크다고 판단되며(tethering effect of inelastic soft tissue), 이는 특히 비골 골수염으로 인한 가관절시 연부조직 구축이 심하게 형성되는 것으로도 알 수 있었다(Fig. 8). 이러한 족관절 외반변형의 정도는 환자의 연령에 비례하여 남아있는 골격 성장의 시기에 크게 좌우되며, 치료가 지연될 경우 족관절의 조기 외상성 관절염은 필연적이다^{9,15}.

1971년 Lambert⁹는 사체실험중 strain gauge를 이용한 족관절의 생체역학 실험에서, 1/6의 하중을 거골과 접촉한 비골과 하방 경비골간 인대등이 담당한다고 하면서, 경골과 비골 전장에 걸친 골간막(interosseous membrane)은 하중정도에 큰 영향을 주지 않는 단지 비골의 bowing을 막는 역할을 한다고 하였다. 이러한 사체 실험 결과는 생체에서 보행 주기에 따른 acceleration phase와 비골에서 기시하는 근육들의 수축력등을 감안하면 비골이 받는 하중은 훨씬 클 것이며, 이 하중은 족관절을 통과하게 되는 데, 이는 마라톤선수에서 족관절에 가까운 하1/3

의 비골에 피로골절(stress fracture)이 호발하는 기전이 될 것으로 판단된다^{5,11}.

본 연구의 결과중 중요한 사실로써비골 가관절시 족관절의 외반변형의 증가에 따라 원위 경골 성장판중 외측 성장판이 반복되는 집중적 하중으로 인하여 조기 폐쇄되는 소견이 관찰되었고, 또 경골의 원위 성장판 손상시 비골의 성장에 따라 족관절의 내반변형이 증가하면서 원위 경골의 외측 성장판은 경비골간 인대의 견인에 의하여 부분적인 성장이 계속되고 반면 내측 성장판은 조기 폐쇄된다는 사실이었다. 이와같이 장관골의 성장판에 가해지는 기계적 힘의 효과는 성장판 연골(epiphyseal cartilage)의 성장에 적용되는 Heuter-Volkman's law와 장관골 간부의 성장에 적용되는 Wolff's law 등으로 잘 알려져 있다²¹. 또 1952년 Strobino¹⁵등은 생리적 범위를 넘는 과도한 압박력은 성장을 저해한다고 하였는데, 이는 본 연구에서 족관절의 외반변형은 원위경골 성장판의 외측 압박력을 증가시켜 결과적으로 조기폐쇄 및 외반변형을 가중시키는 이유가 된다고 하겠다.

소아의 선천성 비골 가관절증은 경골 가관절증과 같이 경고한 골유합을 얻기 어렵고, 비록 후천적인 경우도 비골의 분절절손이 큰 경우가 많아 골유합을 시도함에는 난관이 많다. 따라서 1967년 Langenskiöld¹¹의 방법대로 비골의 절손부위 하방에서 경비골간 골유합을 시행하는 것이 이제까지 최선의 방법으로 알려져 왔다. 그러나 본 연구에서 저자들은 Langenskiöld수술을 시행한후에도 잔여 골성장의 정도에 따라 정도의 외반변형은 필연적으로 재발하며 그에 따른 2차적 교정 절골술이 필요함을 경험하였다(증례1 및 2). 즉 Langenskiöld 수술은 초기에 족관절에서 외벽지지(lateral strut)의 역할은 충분하나 성장함에 따른 정도의 비골 외과의 상방거상과 외반변형을 완전히 예방하지는 못하였다. 따라서 소아에서 비골의 가관절증이 발생되면 즉시 Langenskiöld 수술을 시행하는 것이 최선의 방법이긴 하나 골성장이 끝나는 충분한 시기까지 장기 추시하여야 할 것이다.

확립된 족관절의 외반변형에 대한 경골 상과 교정 절골술은 비골 절골술과 같이 시행되어야 하며, 특히 장관골의 각 변형에 대한 절골술의 위치는 각 변형이 가장 큰 부위에서 시행하여야 하므로 족관절의 직상부에서 절골술을 하여야 하는데, 술후 족관절의

강직예방이나 절골술의 방법 등에 관하여는 세심한 주의가 요한다^{1,16)}.

맺 음 말

소아 족관절의 성장에 따른 비골 외과의 생체역학적 역할을 알아보고자 비골 간부의 가관절증 및 경골 원위 성장판의 손상 예들을 평균 10년 이상 장기 추적하여 다음의 결론을 얻었다.

1. 원위 경골 골단 손상으로 인한 족관절의 내반 및 외회전 변형의 정도는 비골의 결손으로 인한 족관절의 외반 변형의 정도보다 심하였다.

2. 족관절의 외반 변형시 시술되는 원위 경골 및 비골간 골유합술(Langenskiöld op.)은 단기간의 족관절 안정성에는 효과적이었으나 장기추적시 성장에 따른 외반변형의 재발을 막을 수 없었고, 경골 골단에서 이차적 교정 절골술이 요구되었다.

결론적으로 비골외과는 성장기 소아에서의 정상 족관절 발육과 생체 역학상 극히 중요하여, 어떠한 원인으로 발생하였든 비골 간부의 가관절증은 가관절증의 발생 즉시 Langenskiöld 수술과 같은 족관절의 외측 지지 수술이 필연적이며 이 후 잔여골격 성장에 따른 장기간의 추시가 꼭 필요하다.

REFERENCES

- 1) 김 인, 김정만, 이승구, 민환기 : 경골의 각종 각 변형에 대한 절골술의 임상적 고찰.
대한정형외과학회지. 21권 3호, 397-407, 1986.
- 2) Arkin, A.M. and Katz, J.F.: *The effect of pressure on epiphyseal growth. J. Bone Joint Surg.*, 38:A: 1056-1076, 1956.
- 3) Basmajian J.V.: *Grant's method of anatomy*, 8th ed. 1972.
- 4) Boyd, H.B.: *Congenital pseudoarthrosis. Treatments by dual bone graft. J. Bone Joint Surg.*, 23: 497-515, 1941,

- 5) Devas, M.B. and Sweetnam R.: *Stress fracture of the fibula. A review of fifty cases in athletes. J. Bone Joint Surg.*, 38-B: 818-829, 1956.
- 6) Hsu, L.C.S., Yau, A.C.M.C., O'brien, J.P.O. and Hodgson, A.R.: *Valgus deformity of the ankle resulting from fibular resection for a graft in subtalar fusion in children. J. Bone Joint Surg.*, 54-A: 585-594, 1972.
- 7) Hsu, L.C.S., Yau, A.C.M.C., O'brien, J.P.O. and Hodgson, A.R.: *Valgus deformity of the ankle in children with fibular pseudoarthrosis. J. Bone Joint Surg.*, 56-A: 503-510, 1974.
- 8) Kling, T., Bright, R. and Hensinger, R.: *Distal tibial physeal fracture in children that may require open reduction. J. Bone Joint Surg.*, 66-A: 647-, 1984.
- 9) Lambert, K.L.: *The weight-bearing function of the fibula. A strain gauge study. J. Bone Joint Surg.*, 53-A: 507-513, 1971.
- 10) Landin, L.A., Danielson, L.G., Jonsson, K. and Pettersson, H.: *Late results in 65 physeal ankle fractures. Acta Orthop, Scand.*, 57: 530-534, 1986.
- 11) Langenskiöld, A.: *Pseudoarthrosis of the fibula and progressive valgus deformity of the ankle in children: Treatment by fusion of the distal tibial and fibular metaphysis. J. Bone Joint Surg.*, 49-A: 463-470, 1967.
- 12) Ogden J.A.: *Skeletal injury in the child. 2nd ed. W.B. Saunders Co.*, 1990.
- 13) Paluska, D.J. and Blount, W.P.: *Ankle valgus after Grice subtalar stabilization: The late evaluation of a personal series with a modified technic. Clin. Orthop.*, 59: 137-146, 1968.
- 14) Rockwood, C.A., Green, D.P. and Bucholz R.W.: *Fractures. 3rd, ed., J.B. Lippincott Co.*, 1991.
- 15) Strobino, L.T., French, G.O. and Colonna, P.C.: *The effect of increasing tension on the growth of epiphyseal bone. Surg. Gynecol. Obstet.*, 95: 694-700, 1952.
- 16) Wiltze, L.L.: *Valgus deformity after removing a segment of the fibula in children. J. Bone Joint Surg.*, 50-A: 595-606, 1972.