

# Ilizarov 시술 후 추적검사에 있어 초음파검사의 유용성 : 단순촬영과의 비교<sup>1</sup>

이종훈 · 지성우 · 이호원 · 이성문 · 김정식 · 김 흥 · 송광순<sup>2</sup> · 조길호<sup>3</sup> · 우성구

목 적 : Ilizarov 시술후 추적검사에 있어서 초음파검사의 유용성을 단순촬영과 비교하여 알아보고자 하였다.

대상 및 방법 : Ilizarov술식으로 골 신연술을 실시한 환자중 초음파검사를 시행한 12예를 대상으로 후향적으로 분석하였으며, 원인으로는 외상후 사지변형 또는 불유합 9예, 선천성 가관절증 1예, 소아마비 후유증 1예, 단신(short stature) 1예였다. 연령분포는 8세에서 63세로 평균 29세였고 남자 11예, 여자 1예였으며 신연부위는 경골 10예, 대퇴골 2예였다.

대상환자들에게 Ilizarov 기구를 착용시킨 후 피질골 절골술을 시행하였으며 수술 후 평균 7일에서 10일의 휴지기 이후 하루에 1mm씩 4회로 나누어 골 신연술을 시행하였다. 신연 후 2주에서 4주사이에 처음 초음파검사를 시행하여 단순촬영과 비교하였고, 초음파검사는 5-10MHz의 선형(linear) 혹은 볼록(convex) 탐촉자를 사용하여 종단면상과 횡단면상을 모두 얻었으며 3예에서는 색도플러검사를 시행하였다. 초음파 검사상 신생골 형성의 판단은 저에코의 신연부위에 점상 혹은 선상의 고에코가 보일 때 이를 신생골이 형성된 것으로 판정하였다.

결 과 : 신생골 형성의 최초 확인시기는 초음파검사상 신연 후 18일에서 29일(평균 23일)이었고, 단순촬영상 37일에서 58일(평균 45일)로 초음파검사가 단순촬영보다 최소한 3주 이상 더 빨리 신생골 형성을 인지할 수 있었다. Ilizarov 시술 후 합병증으로는 초음파 추적검사상 신연부위 낭종 4예, pin 부위 감염이 1예에서 관찰되었다. 이 중 초음파검사상 낭종이 발견된 4예 모두에서 단순촬영상 낭종을 관찰할 수 없었다. 낭종의 크기는 12mm에서 22mm로 평균 17mm였다. 낭종 4예 중 1예에서는 초음파유도하 천자를 실시하였다. 색도플러를 시행한 3예에서는 골결손부위 가장자리에서 보존된 골막혈관으로 생각되는 혈류를 관찰할 수 있었다.

결 론 : Ilizarov 시술 후 추적검사에 있어 초음파검사는 단순촬영에 비해 신생골 형성을 최소한 3주이상 빨리 확인할 수 있었고, 합병증을 조기에 진단 가능하였으며 합병증이 있을 때 초음파유도하 중재적 시술이 가능하였고 색도플러를 이용해 골막혈관의 보존유무를 알 수 있었으므로 골 신연술의 초기 추적검사에 유용한 방법으로 사료된다.

1951년 Ilizarov가 골의 3차원적 고정 및 지속적인 골 신연을 가능하게 하는 기구를 고안한 후로 골 연장술은 비약적인 발전을 하여 골절의 치료는 물론 불유합, 부정유합 및 상하지 부동증의 치료에 획기적인 계기가 되었다(1, 2).

골피질 골절술후 5일에서 10일간의 휴지기를 두고 가골을 통해 견인시키는 가골 신연에 있어서 그 성패는 신연부위에 형성되는 신생골의 질과 양에 좌우되며 초기 신연시의 신생골 형성을 정확히 조기 판정하여 신연율을 적절히 조절하는 것이 성공

적인 골 신연술에 필수적이다(3).

신연부위에서의 신생골 판정법으로는 이전에는 단순촬영에 의해서만 판정했으나 단순촬영은 상당한 양이 생기기 전까지는 신생골 형성을 인지하기 어려워 신연 초기에 신연부위에서의 신생골의 질과 양을 정확히 인지하여 신연율을 조절하는데는 불충분하였다(3). 최근 초음파검사가 비교적 초기에 신생골 형성의 판정에 이용되고 있으며 (3-5) 본 연구에서는 초음파검사의 유용성을 단순촬영과 비교 분석하였다.

<sup>1</sup> 계명대학교 의과대학 진단방사선과교실

<sup>2</sup> 계명대학교 의과대학 정형외과학교실

<sup>3</sup> 영남대학교 의과대학 진단방사선과학교실

이 논문은 1997년 12월 2일 접수하여 1998년 4월 15일에 채택되었음.

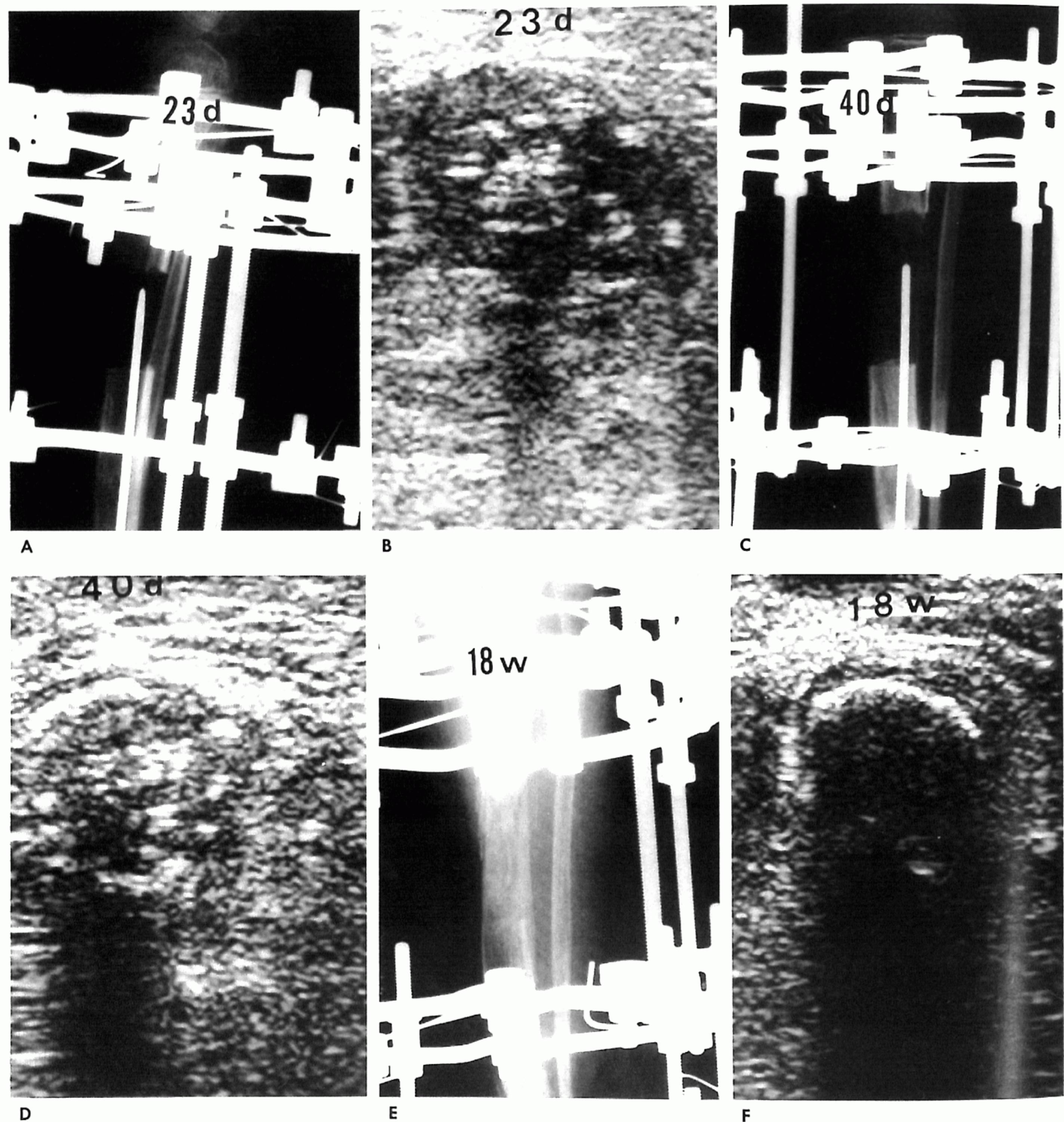
## 대상 및 방법

1990년 6월부터 1997년 9월까지 Ilizarov 술식으로 골 신연

술을 실시한 환자중 초음파검사를 시행한 12예를 대상으로 후향적으로 분석하였다. Ilizarov술식의 원인으로는 외상후 사지변형 또는 불유합 9예, 선천성 가관절증 1예, 소아마비 후유증 1예, 단신(short stature) 1예였다. 연령분포는 8세에서 63세

로 평균 29세였고 남자 11예, 여자 1예였으며, 신연부위는 경골 10예, 대퇴골 2예였다.

대상환자들에게 Ilizarov 기구를 착용시킨후 피질골절골술을 시행하였으며 수술후 평균 7일에서 10일의 휴지기 이후 하루에



**Fig. 1.** A, B. 23days after distraction. Plain radiograph (A) shows no evidence of any radiodense new bone. Transverse sonogram (B) shows echogenic foci within distraction site.  
**C, D.** 40days after distraction. Plain radiograph (C) shows longitudinally oriented strands of cortical bridging. Transverse sonogram (D) shows more increased echogenicity in size and number, with posterior acoustic shadowing because of cortical bridgings. (E, F) 18weeks after distraction, Plain radiograph (E) shows complete cortical bridging in distraction site. Transverse sonogram (F) shows dense cortical new bone with no transmission.

1mm 씩 4회로 나누어 골 신연술을 시행하였다. 신연후 2주에서 4주사이에 처음 초음파검사를 시행하여 단순촬영과 비교하였고, 초음파검사는 5-10MHz의 선형(linear) 혹은 볼록(convex)탐촉자(ATL HDI3000, Bothell, WA)를 사용하여 종단면상과 횡단면상을 모두 얻었으며 3예에서는 색도플러검사를 시행하였다.

초음파검사상 신생골 형성의 판단은 저에코의 신연부위 내에 종단면상 신연 방향에 평행하게 배열한 고에코상과 횡단면상 점상의 고에코상이 보일 때 이를 신생골이 형성된 것으로 판정하였으며 초음파검사상 신생골의 확인시기, 추적검사상의 변화, 합병증 유무를 단순촬영과 비교하였다.

## 결 과

신생골 형성의 최초 확인시기는 초음파검사상 신연후 18일에서 29일(평균 23일)이었고, 단순촬영상 37일에서 58일(평균 45일)로 초음파검사가 단순촬영보다 최소한 3주 이상 빨리 신생골 형성을 인지할 수 있었다.

초음파검사상 종 단면상에서는 신연부위에 신연방향과 평행하게 배열된 선상의 에코상으로, 횡단면상에서는 균등하게 분포된 점상의 에코상으로 보이던 신생골들은 시간이 경과함에 따라 에코의 수와 크기가 증가하다가 단순촬영에서 신생골이 보이는 시기에는 후방 음영에 의해 검사가 어려웠다. 단순촬영상 신생골 형성의 소견은 초기에는 신연부위에 신연방향과 평행하게 배열된 희미한 가골로 나타나다가 시간이 경과함에 따라 점점 밀도가 증가하는 것을 확인할 수 있었다(Fig. 1).

Ilizarov 시술후 합병증으로는 초음파추적검사상 신연부위 낭종 4예(Fig. 2), pin 부위 감염이 1예(Fig. 3)에서 관찰되었다. 이 중 초음파검사상 낭종이 발견된 3예에서는 단순촬영상 낭종을 관찰할 수 없었으며 1예에서는 초음파검사에서 낭종이

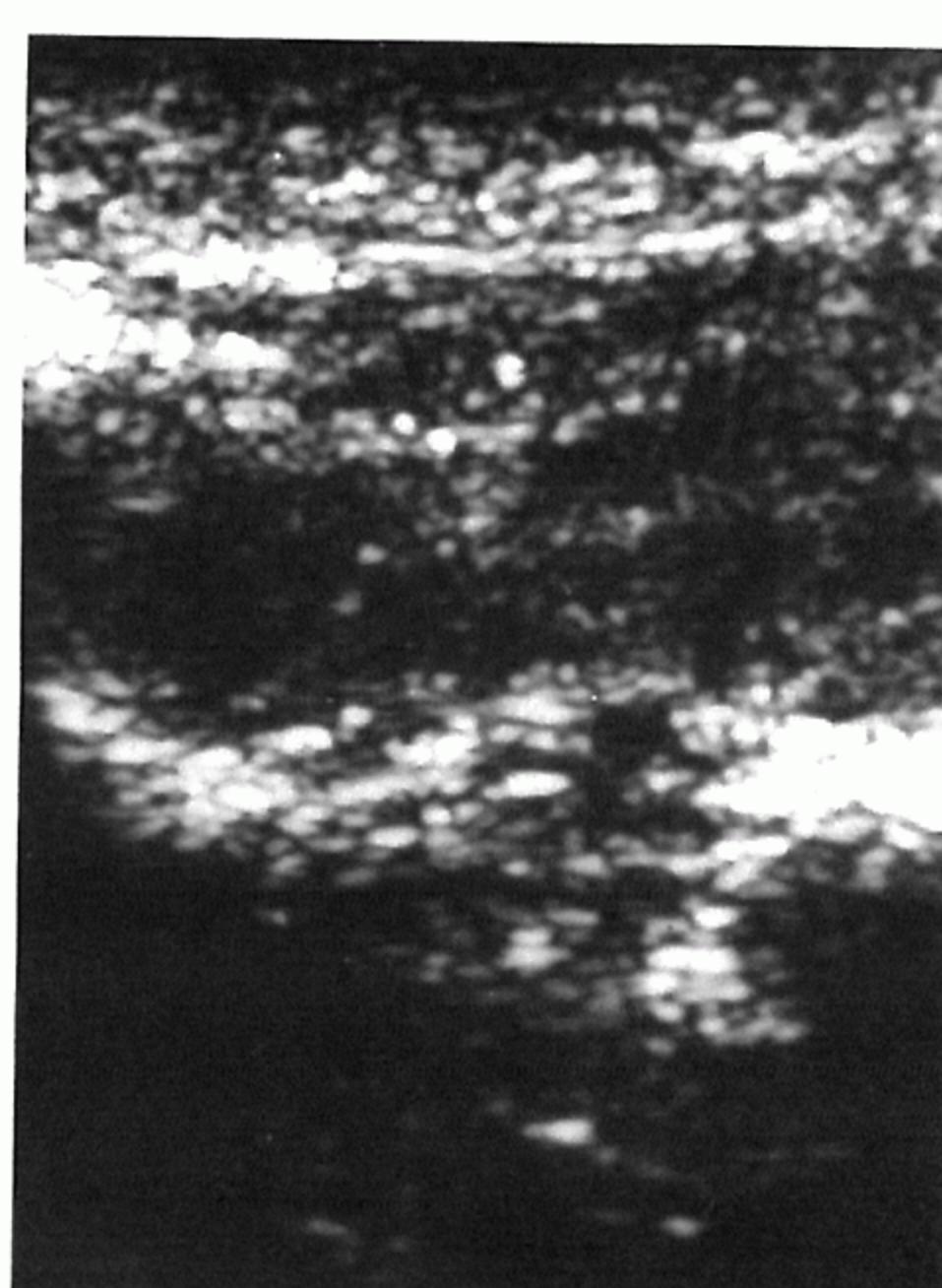
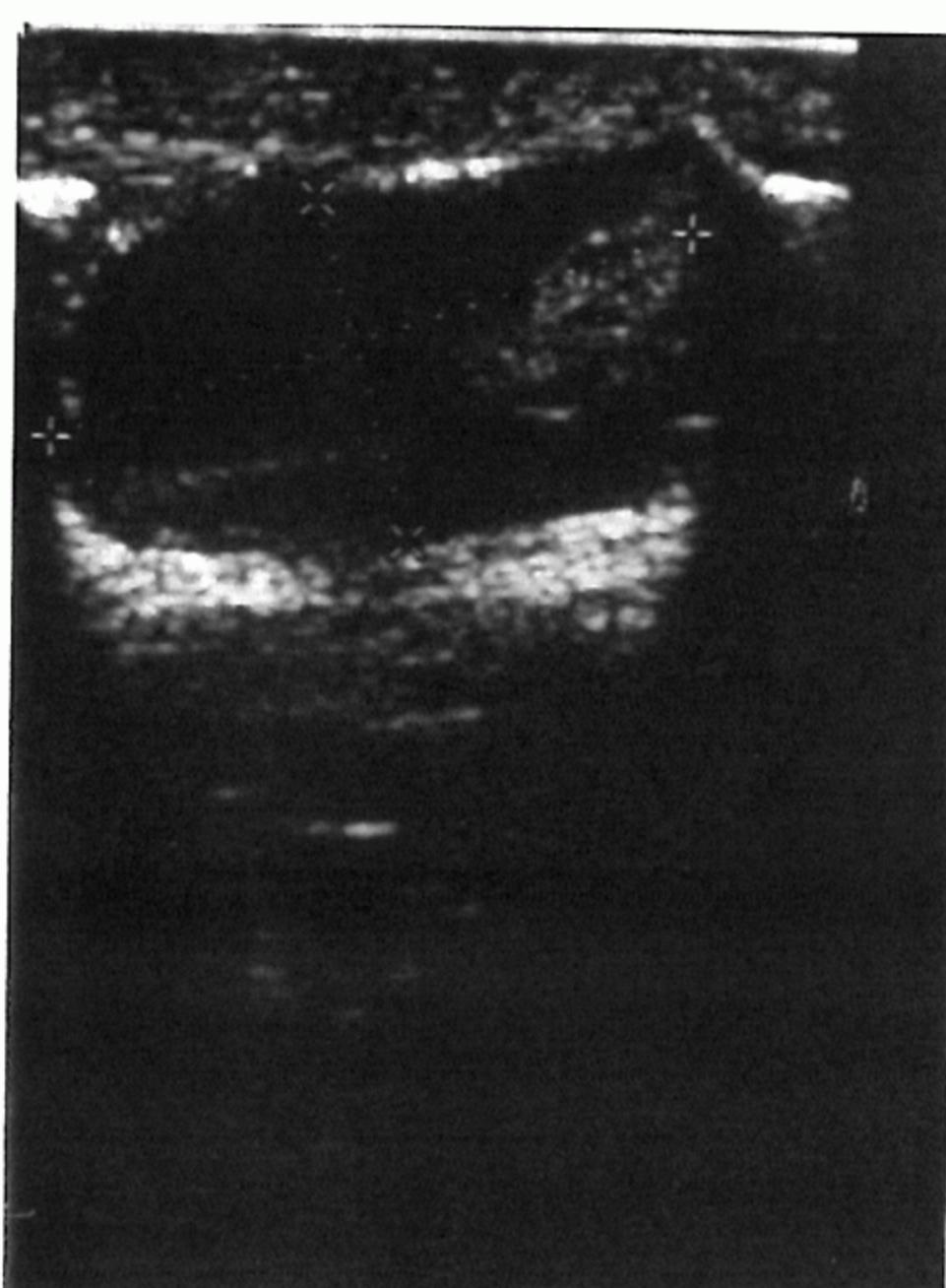
보인곳에 단순촬영상 골 신연부위에 신생골 결손으로 나타났다. 혈성 낭종의 크기는 12mm에서 22mm로 평균 17mm였다. 낭종 4예 중 1예에서는 초음파유도하 천자를 실시하여 혈청색 액체를 얻었으며 다시 신연을 시행한 1주일 후 초음파검사상 신연부위에 낭종이 없어진 것을 관찰하였다(Fig. 2).

색도플러를 시행한 3예 모두에서는 골결손부위 가장자리에서 보존된 골막혈관으로 생각되는 혈류를 관찰할 수 있었다(Fig. 4).

## 고 칠

Ilizarov 기구에 의한 골 연장술은 골절의 치유, 사지연장술 및 사지변형의 삼차원적 교정에 널리 이용되고 있다(6). 1905년 Codivilla에 의해 시작된 골 연장술은 기계금속학적, 생역학적 및 생물학적 연구의 진전에 따라 1970년대 Wagner 방법(7)의 시대를 지나 현재에는 Orthofix 기기(8)나 Ilizarov(9)를 이용하는 소위 '가골신연술'(Callostasis) 또는 '신연골형성술'(Distraction osteogenesis)이란 방법이 이용되고 있다. Ilizarov 술식에 의한 골 연장술은 원형의 외고정 장치를 이용하여 신연부에 경피적 절골술을 함으로써 골막 및 영양동맥과 골수강내 혈류를 보존하고, 5일에서 7일간의 휴지기를 둔 후 어느정도 골 형성능력이 왕성하고 골수강 내 혈류가 복구된 후 골 연장술을 시행하여 생물학적 가교를 형성하게 함으로서 새로운 골 소주의 형성을 유도하는 방법이다.

Ilizarov술식을 시행할때 신연율과 신생골 형성을 감시하는 것이 중요한데, 그 이유는 신생골 형성의 속도가 너무 빠르면 신연부에서 조기 유합이 올 수 있고 반면, 신생골 형성이 너무 늦으면 넓은 신연공백과 불충분한 가골을 초래하게 된다(3, 5). Ilizarov술식에 있어서 임상적으로 신연부위에서의 자연유합과 조기유합이 문제가 되는데, 자연유합의 원인으로는 휴지기 없



**Fig. 2. A.** Sonogram shows low echoic cyst formation within distraction site.  
**B.** Sonogram obtained 1 week after ultrasound-guided aspiration shows resolution of the cyst.

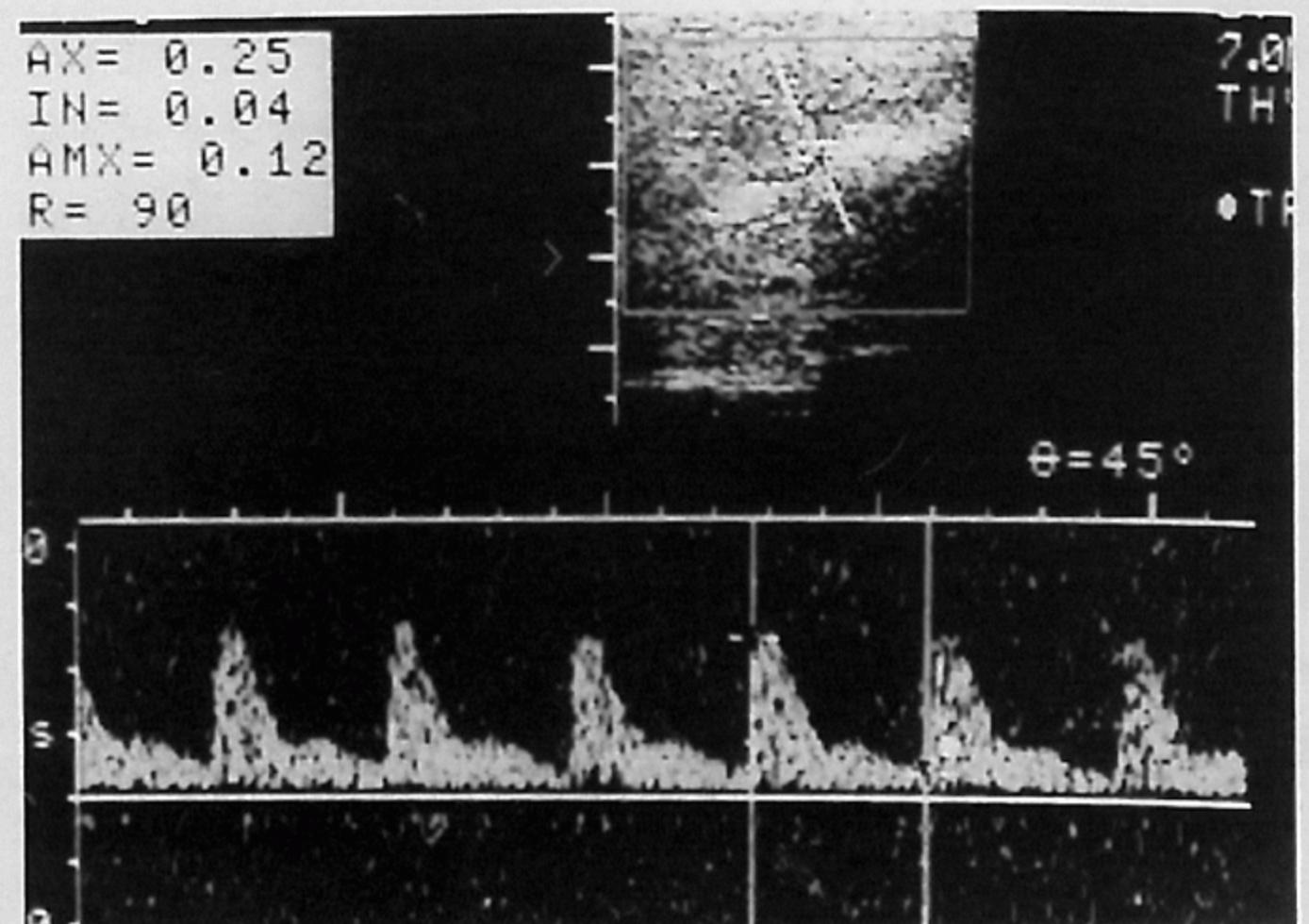


**Fig. 3.** Pin site infection. Longitudinal sonogram shows low echoic area (arrows) along the pin.

는 조기 신연 및 과도한 신연, 대사성 질환, 감염, 영양결핍, 불안정한 외고정, 피질골 손상이 심한 절골술 등이 있고, 조기 유합의 원인으로는 낮은 신연율, 과도한 시간의 휴지기, 불충분한 피질골 절골술 등으로 보고되고 있다(10).

Ilizarov는 골 신연술 초기의 소견으로 절골된 양측 골단에서 신연 간격의 중심부를 향해 각 골소주가 자라나와 그 사이에 중간대(interzone)를 형성하며 여기에 미분화된 간엽세포가 골아세포로 이행되고 이 세포가 직접 유골을 형성하게되어 막내 골화가 일어난다고 하였다(11). 조직학적으로 증가된 음영은 신연 3주 이내에는 발견되지 않으므로 초기 신연 시 신생골 형성상태를 알기에는 단순 촬영으로는 어려우며 방사선 동위원소 및 전산화 단층촬영은 임상적으로 시행하기에 많은 제약이 따른다. 초음파검사는 피질골을 투과하지 못함으로서 골의 진단 및 상태를 알기 어려운 단점이 있으나 신연술 초기에는 피질골 형성이 되지않아 초음파로서 골 내부의 상태를 알 수 있다(3, 12, 13).

신생골의 초음파 소견으로서는 저에코의 신연부위에 종단면상 피질골과 평행한 선상의 고에코로 보이거나 횡단면상 다중 세사 전선(multi-filament wire)의 단면과 같은 점상의 고에코로 보인다고 되어 있으나(3, 4, 5, 14) 병리조직학적으로 검증된 경우는 극히 드물다. 하지만 Young 등(3)의 경우에서 Ilizarov 시술 후 2.5개월 뒤에 다른 원인으로 절단술을 시행한 환자의 조직표본상 보이는 신연부위의 신생골과 같은 시기에 시행한 초음파 검사에서 보이는 선상의 고에코 사이에 밀접한 상관관계를 보인다고 하였으며 이 경우 초음파에서 보이는 고에코의 부위가 신생골에 의한 것으로 보인다고 하였다. 또한 Eyres 등(14)의 보고에 의하면 사지연장술 시행 후 초음파 검사와 이중 에너지 방사선 흡수계측(dual-energy X-ray absorptiometry, DEXA)에 의한 골밀도 검사를 비교해 보았을 때 시간경과에 따른 추적검사상 초음파에서 신연부위에 지속적으로 증가되는 고에코와 DEXA사이에 좋은 상관관계를 보인다고 하였다. 이들의 보고에 의하여 초음파 검사에서 보이는 고에코의 부위가 신생골이라고 판정하는데는 무리가 없어 보이며, 저자들의 경



**Fig. 4.** Color doppler sonogram shows preservation of the periosteal blood flow at the edge of the distraction site.

우에도 병리조직학적으로 확인되지는 않았으나 초음파 추적검사상 종단면에서 보이는 선상의 고에코와 단순촬영에서 보이는 신생골의 양상이 유사한 양상을 보이므로 초음파 검사에서 보이는 고에코가 신생골 형성을 의미하는 것으로 판정하였다.

Young 등(3, 13)은 Ilizarov 술식을 시행한 12예의 환자를 대상으로 초음파검사 및 단순촬영을 시행하여 초음파검사상 거의 대부분에서 수술후 1주에서 3주사이에 신생골 형성을 발견하여 단순촬영보다 4주에서 16주 빨리 신생골 형성을 인지하였다. 본 연구에서도 초음파검사에서는 신연 후 평균 23일, 단순 촬영에서는 평균 45일로 초음파검사가 단순촬영보다 22일 빨리 인지하는 것으로 나타났다. 하지만 시술 후 초음파검사를 가장 빨리 실시한 것이 18일이므로 이보다 더 조기에 검사를 하면 신생골형성을 더 일찍 인지할 수 있을 것으로 생각된다.

골 신연시 골 형성에 영향을 끼치는 요인으로는 기계적 요인인 기구의 안정성, 신연율 및 신연빈도와 생물학적 요인인 국소적인 신생골의 형성 능력과 골 내막 및 골외막의 손상 정도 및 혈류상태로 나눌 수 있다(11, 15). de Bastianini 등(8)이 제창한 가골신연술은 Ilizarov의 개념을 변형시킨 방법으로, 실질적으로 수술도중 골내막을 손상시키지 않는 Ilizarov 골피질절골술은 거의 불가능하기 때문에 골외막의 손상을 최대한도로 막고 휴지기를 3~7일간 더 늘여 준다면 신생골 형성의 결과는 마찬가지라고 생각하였다. 특히 동물실험을 통하여 골외막이 골내막보다 신생골 형성과 관계가 있음이 밝혀졌으므로 신연 초기에 골외막의 손상여부가 신생골 형성의 예후에 중요하다(2, 12, 16). 본 연구에서는 3예에서 색 도플러검사를 시행하여 골결손 부위 가장자리에서 보존된 골외막혈관으로 생각되는 혈류를 관찰하였으므로, 색 도플러검사가 골외막 손상과 골외막 혈류의 보존 유무를 파악하는데 유용한 역할을 하였다. 그러나 골외막 혈류의 인지가 전체 골유합에 미치는 영향에 대해서는 더 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다.

수술 후 합병증으로서 Young 등(3, 13)은 대상환자 12예 중 지연유합을 보이는 2예의 환자에서 초음파 소견상 각각 직경 2 cm, 및 1.5 cm의 낭종을 발견하였고, 경피적 천자술을 시행하

여 담황색의 액체를 제거한 후에 정상적인 골형성을 보였다. Paley 등(17, 18)은 초음파검사상 신연부위에 종종 낭종을 발견할 수 있었으며 골 이식으로 치료해야 한다고 주장하였다. 본 연구에서도 초음파검사상 신연부위에 낭종이 발견되었던 4예 중 3예에서 단순촬영상 낭종을 인지할 수 없었으며, 1예에서만 초음파검사에서 낭종이 보인곳에 단순촬영상 골 신연부위의 신생골 결손으로 나타나 초음파검사가 낭종과 같은 합병증의 발견에 단순촬영보다 더 좋은 검사임을 알 수 있었으며 1예에서는 초음파 유도하 흡인술을 시행하여 중재적 시술까지 가능하였다. Paley 등(10)에 의하면 핀 삽입부 감염은 핀과 피부, 피부와 골 사이에 연부 조직량 그리고 핀의 직경과 관계가 있다고 하였으며, 33%의 연부조직 감염이 있었으나 치료되었으며 골 수염으로 진행한 경우는 없었다고 보고 하였다. 저자들의 경우에서도 1예에서 핀부위 감염이 있었으나 특별한 외과적 처치 없이 항생제 치료로서 호전되었다.

Ilizarov 시술 후 추적검사에 있어 초음파 검사는, 경골과 대퇴골의 후방부위를 검사하기 어려웠고 작은 시야(field of view, FOV)로 인해 전체골의 정렬상태(alignment)를 알기 어려운 점이 있었으나, 단순촬영에 비해 신생골 형성을 최소한 3주 이상 빨리 확인할 수 있었고 합병증을 조기에 진단가능하였으며 합병증이 있을때 초음파유도하 중재적 시술이 가능하였고 색도플러를 이용해 골막혈관의 보존유무를 알 수 있었으므로 골 신연술의 초기 추적검사에 유용한 방법으로 사료된다.

### 참 고 문 헌

- Abbott LC. The operative lengthening of the tibia and fibula. *J Bone Joint Surg* 1927;9:128
- Anderson WV. Leg-lengthening. In preceedings of the British Orthopedic Association. *J. Bone Joint Surg* 1952;34-B:150
- Young JW, Kostrubiak JS, Resnik CS, Paley D. Sonographic evaluation of Bone Production at the Distraction Site in Ilizarov Limb Lengthening Procedure. *AJR* 1990;154:125-128
- Blane CE, Herzenberg JE, DiPietro MA. Radiographic imaging for Ilizarov limb lengthening in children. *Pediatr Radiol* 1991;

21:117-120

- 이광진, 황득수, 변기용, 권순태, 김충현. Ilizarov 술식에 의한 하지 골 연장술 - 초음파 검사를 이용한 신생골 형성 평가 - 정형 외과학회지 1993; 28: 1215-1222
- Maiocchi AB, Aronson J. *Operative Principles of Ilizarov*. Milan : Wiliams and Wikins, 1991 : 53-63
- Wagner H. Operative lengthening of the femur. *Clin Orthop* 1973; 136: 125-142
- De Bastiani G, Aldegheri R, Renzi-Brevio L, Trivella G. Limb lengthening by callus distraction(calostasis). *J Pediatr Orthop* 1987; 7: 129-134
- Ilizarov GA. General principles of transosteal compression and distraction osteosynthesis. *Proc. of Scientific Session of the Institutes of Traumatology and Orthopedics*. Leningrad, 1968: 35-39
- Paley D. Problem, obstacle and Complication of Limb Lengthening by the Ilizarov Technique. *Clin Orthop* 1990; 250: 81-104
- Ilizarov GA. Clinical application of tension stress effect for limb lengthening. *Clin Othop* 1990; 250: 8-26
- Aronson J, Boyd C, Amerson D, Harrison B. Reliable sampling technichues using quantitative computer tomography for density of long bones. *Orthop Trans* 1988; 13: 533
- Young JWR, Kovelman H, Resnik CS, Paley D. Radiographic assessment of Bone after Ilizarov Procedure. *Radiology* 1990; 177: 89-93
- Eyers KS, Bell MJ, Kanis JA. Methods of assessing new bone formation during limb lengthening-Ultrasonography, dual energy X-ray absorptiometry and radiography compared. *J Bone Joint Surg[Br]* 1993; 75: 358-364
- Ilizarov GA. The Tension-Stress Effect on the Genesis and Growth of Tissues Part II. The influence of the Rate and Frequency of Distraction. *Clin Orthop* 1989; 239: 263-285
- Aronson J, Good B, Stewart C, Harrison B, Harp J. Preliminary studies of mineralization during distraction osteogenesis. *Clin Orthop* 1990; 250: 43-49
- Paley D, Fleming B, Pope M, Kristansen T. A comparative study of fracture gap motion and shear in external fixation. Presented at the Conference on Recent Advances in External Fixation. *Rita Del Gardia* 1986; Sep: 28-30
- Paley D, Catagni MA, Argnani F, Villa A, Benedetti GB, Cataneo R. Ilizarov Treatment of Tibial Nonunions With Bone Loss. *Clin Orthop* 1989; 241: 146-165

## Usefulness of Ultrasonography in Follow-up Evaluation after Ilizarov Procedure : Comparison with Plain Radiography<sup>1</sup>

Jong Hoon Lee, M.D., Sung Woo Gee, M.D., Ho Won Lee, M.D.

Sung Moon Lee, M.D., Jung Sik Kim, M.D., Hong Kim, M.D.

Kwang Soon Song, M.D.<sup>2</sup>, Kil Ho Cho, M.D.<sup>3</sup>, Sung Ku Woo, M.D.

<sup>1</sup>Department of Diagnostic Radiology, Keimyung University School of Medicine

<sup>2</sup>Department of Orthopedics, Keimyung University School of Medicine

<sup>3</sup>Department of Diagnostic Radiology, Youngnam University School of Medicine

**Purpose:** To compare the usefulness of ultrasonography in follow up evaluation after the Ilizarov procedure with that of plain radiography.

**Materials and Methods:** We analyzed ultrasound findings in twelve patients who had undergone the Ilizarov procedure, and retrospectively compared the results with the findings of plain radiography. The procedure was performed due to post-traumatic limb deformity or non-union(nine of twelve patients), congenital pseudoarthrosis(one case), sequelae of poliomyelitis(one case), and short stature(one case). The patients' mean age was 29 years; eleven of twelve were male. Ten of twelve procedures were performed on the tibia and two on the femur. After 7-10 days, distraction was initiated at a rate of 0.25 mm four times a day. Ultrasonography was performed with a 5-10 MHz linear or convex transducer; new bone formation was defined as dotted or linear echogenic foci within a hypoechoic distraction gap. Initial ultrasonographic examination was performed 2-4 weeks after distraction, and the results were compared with those of plain radiography. Color Doppler imaging was performed in three cases.

**Results:** On ultrasonograms, new bone formation was initially detected 18-29(mean, 23) days after distraction, and on plain radiographs, 37-58(mean, 45) days after this procedure; ultrasonography thus detected new bone formation at least three weeks earlier than did plain radiography. Complication after the Ilizarov procedure were four cysts at the distraction site, and one pin site infection, as seen on ultrasonograms. None of these four cysts, the size of which was 12-22 mm(mean, 17 mm), was visible on plain radiographs. In one case in which a cyst was present, ultrasound-guided aspiration was performed. Color Doppler examination was performed in three of twelve patients, and in all three, periosteal vascularity at the edge of the distracted gap was seen to be preserved.

**Conclusion:** After the Ilizarov bone lengthening procedure, ultrasound appears to be useful for follow-up examination. New bone formation, as well as complications, can be detected earlier; it can indicate whether ultrasound-guided interventional procedure is required, and if combined with color Doppler study, is able to detect the periosteal blood supply. Further evaluation of the clinical significance of preserved periosteal blood supply seems however, to be needed.

**Index words:** Bones, surgery  
Bones, US

Address reprint requests to: Sung Moon Lee, M.D., Department of Diagnostic Radiology, Dongsan Medical Center, Keimyung University School of Medicine, # 194 Dongsan-Dong, Jung-Ku, Taegu 700-712, Korea.  
Tel. 82-53-250-7767 Fax. 82-53-250-7766