

대퇴골 골절의 불유합에서 Interlocking 금속정을 이용한 치료

원광대학교 의과대학 정형외과학교실

전철홍 · 김상수 · 김동철 · 유희준

— Abstract —

The Treatment of Nonunion of Femoral Fractures with an Interlocking Nailing

Churl-Hong Chun M.D., Sang-Soo Kim M.D.,
Dong-Churl Kim M.D., Hee-Jun Yoo M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, College of Medicine, Wonkwang University., Iksan, Korea

Nonunion of femoral fractures has continued to challenge orthopaedic surgeons. Interlocking nailing with reaming offers the advantages of stable fixation, adequate alignment, minimum shortening, good rotational control, early weight bearing without external support and high union rate.

Between August 1988 and March 1993, 20 patients with nonunion of the femoral fractures were treated by an interlocking nailing with reaming. The types of primary treatment prior to nonunion were plate fixation in 10 patients, conventional intramedullary nailing in 9 patients and external fixation in 1 patient.

The purpose of this study was to evaluate the causes of nonunion and analyze the results with interlocking nailing in the management of nonunion of femoral fractures. The radiological examination revealed that formation of the bridge callus took a mean of 3.5 months for the patients who received the plate and screw fixation. On the other hand, it took a mean of 2.4 months for the patients who were treated with conventional intramedullary nailing. When the two groups of patients were combined, it took a mean of 3.2 months. All patients were obtained the complete union in a mean time of 10.4 months after an interlocking nailing. Complications were 1 breakage of distal target screws, 1 pain near the entry of nail and 1 delayed union. Limb shortening was measured by roentgenoscanography and occurred in all patients but not clinically significant.

Key Words : Femur, Nonunion, Interlocking nailing

※ 통신저자 : 전 철 홍
전북 익산시 신륵동 344-1
원광대 정형외과학교실

※ 본 논문의 요지는 1993년 대한골절학회 추계 학술대회에서 구연되었음.

서 론

골절 치료후 가장 문제시되는 불유합에 대해 많은 연구 및 치료 방법이 제시되었으나, 현재까지도 합리적인 이론적 근거를 갖지 못하고 일반적으로 술자의 경험에 의존하는 경우가 많다. 불유합의 치료로는 골이식술, 전기자극술, 외 고정술, 압박 금속판 및 골수강내 금속정 삽입술 등 여러가지 방법이 사용되어 왔다. 그러나 불유합 부위의 혈행상태, 감염 여부, 연부조직의 상태 및 이전의 수술적 방법등이 고려되어야 하므로, 각각의 방법들은 적용중에 제한이 있거나 수기상의 어려움으로 널리 사용되지 못한 방법들이 많았다.

최근 사용되는 interlocking 금속정은 나사못고정으로 골 단축, 신연 및 회전 변형을 예방할 수 있으며, 조기체중 부하 및 폐쇄적 수기에 의한 감염 빈도의 감소, 확공시 발생하는 골 조각에 의한 자가 골 이식 효과와 함께 골막혈류의 증가로 골 유합을 촉진시켜 신선 골절이나 불유합의 치료시 많이 이용되고 있다^{4,8,9)}. 그러나 감염성 불유합이나 심한 골 결손이 동반된 불유합에서의 interlocking 금속정의 사용에는 많은 이견이 제시되고 있다^{7,9,11,14)}.

본 연구의 목적은 대퇴골 골절 치료후 발생된 비감염성 불유합의 발생요인과 interlocking 금속정을 이용한 치료의 잇점, 골유합 기간 및 그 합병증을 분석하고자 하였으며, 최소 1년 6개월에서 최장 6년 4개월까지, 평균 25개월 추시 가능한 20례를 대상으로 하였다.

연구 대상 및 방법

1. 연령 및 성별, 골절의 원인

총 20례중, 남자 19례(95%), 여자 1례(5%)로 남자가 대부분을 차지하였으며, 연령별로는 10대 2례(10%), 20대 5례(25%), 30대 2례(10%), 40대 7례(35%)이고 50대 및 60대가 각각 2례(10%)를 차지하여 사회적 활동력이 왕성한 20대에서 40대가 14례(70%)로 가장 많은 빈도를 보였다. 골절의 원인으로서는 교통 사고가 14례(70%)로 가장 많았고, 추락 사고가 5례(25%), 직접타박이 1례(5%)를 차지하였다.

2. 골절부위 및 형태

골절부위는 중간부가 11례(55%)로 가장 많은 빈도를 보였고, 원위부 2례(10%), 중간-원위 이행부 2례(10%), 근위부 및 근위-중간부의 골절이 각각 2례(10%), 3례(15%)를 차지하였다.

골절의 양상으로는 폐쇄성 골절이 19례(95%), 개방성 골절이 1례(5%)였으며, 골절의 형태에 의한 분류상 횡골절 2례(10%), 분절상 골절 1례(5%) 및 분쇄상 골절 17례(85%)의 빈도를 보였고, 이중 분쇄상 골절은 Winquist-Hansen 분류상¹⁶⁾ 제1형 1례, 제2형 5례 및 제3형이 11례를 차지하였다(Table 1).

3. 선행 치료 방법 및 불유합 형태

대퇴골 골절후 실시한 선행치료 방법으로는 압박 금속판과 나사못 고정술을 실시한 경우가 10례(50%), Kuntscher정 삽입술이 6례(30%), 부적절한 interlocking 금속정 삽입술이 3례(15%)였으며, 제2형의 개방성 골절을 보였던 1례(5%)에서는 외고정술을 실시하였다. 불유합 형태는 과염양성이 12례(60%)였으며, 선행 치료방법으로 압박 금속판 및 나사못 고정술을 시행했던 경우가 5례, 금속정 삽입술을 시행했던 경우가 6례, 그리고 외고정술을 시행한 1례에서 관찰되었다. 또한 위축성 불유합을 보인 8례(40%)는 선행 치료방법으로 각각의 압박 금속판 및 나사못과 금속정 삽입술을 시행하였던 5례, 3례에서 발생하였다(Table 2).

Table 1. Type of Fracture by Winquist-Hansen

Type	No. of cases		Total
	Closed	Open	
Transverse	2		2
Oblique			
Segmental	1		1
comminuted			
Type I	1		1
Type II	5		5
Type III	10	1	11
Total	19	1	20

Table 2. Method of Initial Treatment & Type of Nonunion

Method	No. of cases		Total
	Hypertrophic	Atrophic	
Closed Fracture			
Plate & Screw	5	5	10
*I-M nailing	6	3	9
Open Fracture with Orthofix *E/F	1	0	1
Total	12	8	20

*I-M ; intramedullary

*E/F ; external fixation

4. 선행치료후 불유합 치료까지의 기간

선행치료후 불유합으로 interlocking 금속정 내 고정술을 시행하기 까지의 기간은, 6개월 이상 9개월 미만인 8례(40%)로, 이중 5례는 금속판 및 나사못 고정물이 파손된 경우였고, 2례는 금속정 내고정물이 파손된 경우, 그리고 부적합한 금속정 삽입후 골절부의 지속적인 각형성을 보였던 1례였다. 9개월에서 1년사이는 9례(45%)로 추시 X-선 사진상 골절부의 골유합 소견을 보이지 않았던 경우로써, 금속판 및 나사못 고정을 시행했던 2례, 금속정 내고정술을 시행했던 6례 및 외고정술을 시행했던 1례에서 관찰되었다. 1년에서 2년사이는 2례(10%)로써 선행 치료로 금속판 및 나사못 고정을 시행했던 경우였고, 2년이상은 금속판 및 나사못 고정을 시행했던 1례(5%)였다. 최단기간은 1차 선행치료후 6개월째 금속판이 파손된 경우였고 최장기간은 2년 8개월이었다(Table 3).

5. 불유합의 원인

총 20례중 수상 당시나 관혈적 정복시 골절 주위의 심한 연부 및 골막 조직 손상에 의한 경우가 8례로 생각되었고, 불충분한 고정 기간이 7례, 부적절한 고정술이 3례였으며, 2례의 경우 타과적 동반 손상으로 수술이 지연되어 금속정 삽입술을 실시한 경우, 수기상의 잘못으로 골절부의 신연이 발생되었으며 지연된 체중 부하에 의해 불유합이 발생된 것으로 사료 되었다(Table 4).

Table 3. Duration from Initial Treatment to Interlocking Nailing

Duration(Ms)	Plate & Screw	I-M nailing	E/F	Total
6 - 9	5	3		8
9 - 12	2	6	1	9
12 - 24	2			2
24 -	1			1
Total	10	9	1	20

Table 4. Fractor Contributing to Nonunion

Fractor	No. of cases
Massive injury of periosteal & soft tissue around the fracture	8
Inadequate immobilization	7
Inappropriate I-M nailing	3
New gap formation(Technical error)	2
Total	20

6. 수술 방법

선행 치료로 압박 금속판 및 나사못 고정술을 시행했던 10례에 대해, 최소한의 피부절개 및 연부조직 박리를 통한 도달법으로 금속판 및 나사못 제거를 시행하였고, 주위의 골막 조직과 골편사이의 끼인 섬유조직은 제거하지 않았으며, 골절의 선연을 유지 하도록 한후 금속정을 삽입하였으나, 이중 위축성 불유합을 보인 5례에 대해서는 장골의 해면골 이식술을 동시에 시행하였다. Kuntscher정 및 부적절한 금속정으로 치료했던 9례에 있어서는, 금속정 삽입부를 통한 금속정 제거술과 함께 동시에 적합한 크기의 interlocking 금속정을 삽입하였고, 이중 전외측에 커다란 골결손과 함께 심한 하지 단축을 보인 1례에 대해서는, 장골의 해면골 이식술을 함께 시행하였다. 제2형의 개방성 골절로 외고정술을 시행했던 1례에 대해서는, 술후 11개월째 3회 연속적으로 절혈구 침강 속도의 정상 수치 및 편 삽입부의 균배양 검사상 음성을 보여, 외고정 장치 제거와 창상 치료를 실시한 후, 7일째 금속정 삽입술을 시행하였다. 시행된 interlocking 금속정은 Russel-Taylor 9례, Titanium 6례, A.O 금속정 3례 및 Vari-wall 금속정 2례 이었다.

선행치료로 금속정 내고정술을 시행했던 9례중, 대퇴골 간부 부위에 횡골절 상태의 불유합을 보인 2례를 제외한 모든 경우에 정적 고정(static fixation)을 시행하였고, 이중 2례에서는 방사선 사진상 새로운 골편간의 간격이 존재하여 골유합이 의심스러웠던 바, 술후 6주 및 10주에 동적고정(dynamic fixation)으로 전환하였다.

결 과

Interlocking 금속정 삽입술 시행후 방사선허적 추시 관찰상, 교상가골(bridging callus)의 형성 시기는 선행 치료의 방법에 따라 차이를 관찰할 수 있었다. 선행치료로 금속판 및 나사못 고정술을 시행한 10례에서는 평균 3.5개월에, 금속정 내고정술을 시행했던 9례에서는 2.4개월에, 외고정 장치를 시행했던 1례에서는 2.5개월에 교상가골 형성이 이루어져 전체적으로 평균 3.2개월후 교상 가골형성을 보인 바, 이는 선행치료시 인위적인 골막 손상의 정도에 따른 차이로 사료 되었다. 전례에서 수술후 평균 10.4개월에 완전한 골유합을 얻을 수 있었으며, 추시 방사선상 견측과 함께 단측 촬영법(roentgenos-

canography)으로 하지 단측 정도를 비교한 결과, 수상당시 심한 분쇄골절 후 선행치료로 부적절한 금속정 내고정술을 시행했던 2례의 불유합에서 견측에 비해 1.4 및 1.5cm 정도의 단측을 관찰할 수 있었고, 나머지 18례에서는 1cm 미만의 단측을 보였다. 수술 후 발생한 합병증으로는, 삽입된 금속정의 돌출에 의한 근위부 동통 1례, 원위 횡고정 나사못의 파손 1례 및 지연 유합 1례를 관찰할 수 있었다.

증례 보고

증례 1.

30세 남자로 타병원에서 관혈적 정복 후 압박 금속판 및 나사못 고정술을 시행했던 환자로, 술후 14개월째 추시 방사선 사진상 과영양성 불유합을 보였다(Fig. 1-a). 주위 연부 및 골막조직 손상을 피하면서 금속판 및 나사못 제거후 정적 형태의 interlocking 금속정 삽입술을 시행하였다(Fig. 1-b). 수술 후 조기 슬관절운동 및 1주째부터 비체중부하 보행을 시행하고, 4주째 부분 체중부하를 실시하여 1년 6개월 추시 방사선상 완전한 골유합을 얻을 수 있었다(Fig. 1-c).

- Fig. 1-a.** Postoperative roentgenogram, which was taken at 14 months after plate and screw fixation for the femoral shaft fracture, showed hypervascular nonunion.
- b.** Static interlocking nailing was done after removal of plate and screw fixation due to nonunion of the femoral shaft fracture.
- c.** Follow-up 1 year and 6 months roentgenogram showed complete union.

Fig. 2- a. Postoperative roentgenogram, which was taken at 8 months after Kuntscher nailing with circlage wiring for the comminuted femoral shaft fracture, showed avascular nonunion and angular deformity with shortening.
b. Kuntscher nail was changed to the other interlocking nail and cancellous bone graft was performed due to bony defect of anterolateral site.
c. Follow-up 3 years and 11 months roentgenogram showed complete union.

증례 2.

38세 남자로 수상후, 타병원에서 관혈적 정복 후 금속정 내고정술과 환형 강선 고정을 시행했던 환자로, 술후 8개월째 추시 방사선 사진상 선행치료로 시행한 금속정의 부적절한 크기 및 불충분한 고정에 의한 것으로 사료되는 위축성 불유합과 각형성 및 심한 하지 단축을 보였던 경우로(Fig. 2-a), 관혈적 방법으로 환형 강선 고정물 제거와 함께 적절한 크기의 금속정을 견측과 비교, 하지 부동증을 교정후 삽입하고 정적 운동을 실시하였으며, 전외측 골결손 부위에 해면골 이식술을 동시에 시행하였다(Fig. 2-b). 수술 후 4주째부터 슬관절운동 및 비 체중부하 보행을 유도하고, 수술후 5주째 부분 체중부하 보행을 시행하여 3년 11개월 추시 방사선상 완전한 골유합을 얻었다(Fig. 2-c).

고 찰

대퇴골 골절후 발생된 불유합은 환자의 전신적 유발인자 뿐만 아니라 수상시 골절부 및 주위 연부조

직의 손상정도, 부적절한 수술적 시기, 불충분한 고정, 부적절한 고정방법, 골절 부위의 신연 및 감염 등의 국소인자에 의해 발생 빈도가 증가하게 된다^{5,15)}. 따라서 불유합의 치료 원칙은 이러한 원인 인자들을 해결해 주어 빠른 골유합과 함께 최대한의 기능을 회복하여 최소한의 장애를 남기는 것으로써, 수많은 치료방법들이 알려져 있으나 아직까지 어느 한가지 방법이 이런 치료 목적에 가장 부합된다고 말할 수 없는 상태이다. 불유합을 치료하는데 가장 중요한 것은 골절부의 견고한 고정으로, 이는 불유합 치료에 있어 일반적인 원칙으로, 감염성 불유합 시 감염 치료에 도움이 되고 초기에 관절운동을 가능케하여 근위축 및 관절구축 등의 합병증을 최소화할 수 있기 때문이다^{8,10)}. Interlocking 금속성 삽입술은 load-sharing device로 조기 체중 부하가 가능하며 이로 인한 골절부의 압박으로 인해 골유합이 촉진될 뿐 아니라, 확공시 발생하는 골조각(reamed debris)에 의한 자가골이식 효과와 함께 골막혈류가 증가하고^{8,11)}, 골수강 확장술에 의한 골-금속간의 접촉면의 증가와 직경이 보다 큰 금속성 삽입에 따른 견고한 고정이 가능하며, 횡고정 나사로 장축과 회전축 방향으로의 안정성 유지 및 폐쇄성 수기로 감

염의 기회 및 골막의 손상을 줄일 수 있다는 장점이 있어, 장골의 신선골절, 지연 및 불유합의 치료법으로 좋은 방법으로 평가받고 있다.^{1,4,6,8,9)} 그러나 정확한 수술적 시행이 이루어 지지 않는 경우 새로운 골편의 형성이나 분리가 발생할 수 있으며^{2,6)} 방사선 투사하에 수술이 이루어짐으로 술자 뿐만 아니라 환자에서 보호되지 않은 부위의 방사선 노출 등이 문제가 될 수 있다.^{8,12)}

폐쇄성 골절의 지연유합 및 불유합은 interlocking 금속정 삽입술의 좋은 적응증으로 알려져 있으나^{8,13)} 감염성 불유합이나 심한 골결손이 동반된 경우에 많은 이점이 제시되고 있다. Miller 등¹¹⁾은 감염성 불유합에서 interlocking 금속정 삽입술이 비교적 안전하고 효과적인 방법이라 주장하였으나, Kelly⁷⁾나 Paley¹⁴⁾은 감염성 불유합에서 외고정의 장점을 주장하였다. Weber와 Brunner¹⁵⁾는 골단의 viability에 따라 과영양성(hypertrophic)과 위축성(atrophic) 불유합으로 분류하여, 과영양성 불유합인 경우 견고한 고정을 시행함으로써 골이식을 하지 않고도 골유합을 얻을 수 있다고 하였고, 골 형성 유도 능력이 없는 위축성 불유합인 경우에는 견고한 고정 이외에 자가 해면골 이식술을 해야한다고 하였다. Muller와 Thomas¹³⁾는 장골의 불유합에서 골절부의 단축동 변형이 존재하거나 골단이 경화성을 보였던 경우에만 골이식의 필요성을 제기하였으며, Grosse⁶⁾나 Kessler 등⁹⁾은 확공에 의한 골이식의 효과와 interlocking 금속정 삽입후 조기 체중 부하에 의한 불유합 부위의 압박으로, 골절편 사이의 섬유조직이나 연골조직내의 간엽(mesenchymal) 세포가 골아 세포(osteoblast)로 분화되어 골유합이 이루어 질 수 있어, 이들 섬유 연골 조직의 제거를 위한 절개가 불필요함을 주장하였다.

본 저자들은 대퇴골 골절의 비감염성 불유합인 경우를 대상으로 골절부 압박에 의한 단축을 예방하기 위해, 대퇴골 간부의 단순 횡골절술을 보여 선행치료로 금속정 내고정술을 시행했던 2례를 제외하고, 모든례에서 정적 고정의 interlocking 금속정 삽입술을 원칙으로 하였으며, 선행 치료로 금속판 및 나사못 고정을 시행하였던 10례 모두에서 최소한의 관혈적 도달법으로 연부 및 골막조직 손상을 최소화하면서 금속판 및 나사못을 제거한 후, 골절 주위의 골막 및 골막 혈류 손상을 줄이기 위해 골절편 사이의

섬유 연골조직의 제거를 실시하지 않고, interlocking 금속정 삽입술을 시행하였으며, 그 중 5례에서는 위축성 불유합을 보여 장골의 해면골 이식술을 동시에 실시하였다. 또한 선행 치료로 금속정 내고정술을 시행했던 9례에서 폐쇄적 수기로 금속정 제거술과 함께 적합한 크기의 금속정으로 재 삽입한 후 맞물림 나사못 고정을 시행하였다. 이중 대퇴골 근위부의 전외측에 커다란 골결손 및 심한 하지 부동증이 동반된 불유합 1례에 대해서는, 최소한의 절개를 통한 도달법으로 골절편 사이의 섬유 연골조직의 손상을 피하면서 주위에 자가 해면골 이식술을 함께 시행하였다. 외고정 장치 제거후 금속정 삽입술까지의 기간을, Bone과 Johnson⁴⁾은 7-10일의 지연 후 금속정 삽입술로 감염의 예방을 주장한 바, 저자들도 개방성 골절로 외고정술을 시행했던 1례에 대해, 연속적인 적혈구 침강속도의 정상수치와 편삽입부의 균배양상 음성을 보여, 외고정 장치 제거 후 7일째 금속정 내고정술을 시행하여 감염 발생없이 완전한 골유합을 얻을 수 있었다.

술후 합병증으로 Kempf 등⁸⁾은 대퇴골의 비감염성 불유합 27례에서 interlocking 금속정 삽입술로 치료하여, 92.6%에서 수술후 평균 15.4개월 골유합을 얻었으나, 합병증으로 7.5%에서 심부감염을, 11.1%에서는 5-10도의 각형성을, 그리고 모든 경우에서 골 단축을 보였는데 평균 0.9cm를 보고하였다.

저자들에서도 전례에서 평균 10.4개월에 골유합을 얻어 Kempf 등⁸⁾이 보고한 골 유합기간 보다 짧은 바, 이는 가능한 불유합 부위의 연부 또는 골막 조직손상을 피하였고, 적절한 골이식의 적응증에 따른 결과로 사료되었다. 합병증으로 금속정 상방돌출에 의한 삽입부 동통을 1례에서 관찰할 수 있었으나 이는 적합한 크기의 금속정 선택과 삽입부 연부 조직손상을 최소화함으로써 예방할 수 있을 것으로 사료되며, 지연 유합을 보인 1례의 경우 금속판 제거시 주위조직의 손상과 체중 부하의 지연에 따른 것으로 생각되었다. 원위 횡고정 나사못 파손이 1례 있었으나 이는 원위부 골절후 발생한 불유합에서 조기 과체중 부하를 억제함으로써 해결될 수 있을 것으로 생각되었다. 전례에서 골 단축이 발생하였으나 18례에서는 1cm 미만의 단축을, 선행 치료법으로 금속정을 시행했던 2례에서 각각 1.4cm, 1.5cm의 단축을

관찰할 수 있었던 바, 이는 수상시 분쇄 골절에 따른 결과로 생각되었다.

요 약

1988년 8월부터 1993년 3월까지 원광대학교 정형외과에서는 대퇴골 불유합으로 interlocking 금속정 삽입술을 시행하여 평균 25개월 추시 가능했던 20례를 대상으로 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 총 20례의 대퇴골의 비감염성 불유합에서, 1차 치료 방법으로는 10례에서 압박 금속판 및 나사못 고정술을, 6례에서는 Kuntscher정 삽입술을, 3례는 부적합한 크기의 금속정 삽입술이었으며, 개방성 골절을 보인 1례에서는 체외 고정술을 시행하였다.

2. 불유합의 원인으로는 수상 당시나 관혈적 정복시 심한 연부 및 골막 조직 손상에 의한 경우가 8례, 불충분한 고정 기간이 7례, 부적절한 고정술이 3례였고, 2례에서는 타과적 동반 손상이 존재하여 수술 시기상 골절 부위의 신연과 함께 지연된 체중 부하에 의한 것으로 사료되었다.

3. 불유합의 형태는 과염양성 불유합이 12례, 위축성 불유합 8례였으며 골 이식술은 위축성 불유합에서 금속판 및 나사못 고정 후 발생한 경화성 골단을 보였던 5례와 큰 골결손 및 심한 하지 부동증을 보인 1례의 금속정 내고정술에서 시행하였다.

4. 방사선 추시상 교상가골은 평균 3.2개월에 보였으며, 관혈적 수기가 필요했던 금속판 및 나사못 고정술을 시행했던 경우 평균 3.5개월로 금속정 내고정술 및 외고정술을 시행했던 경우의 각각 평균 2.4 및 2.5개월보다 훨씬 기간이 길었다. 완전한 골유합은 평균 10.4개월에서 얻을 수 있었다.

5. 수술후 합병증으로 금속정 상방 돌출에 의한 삽입부 동통 1례, 원위 횡고정 나사못 파손 1례 및 지연 유합이 1례에서 관찰되었고 방사선 단속 촬영법으로 전측과 비교시 18례에서 1cm 미만의 하지 단축을, 2례에서는 1.4cm 및 1.5cm의 단축이 발생되었다.

결론적으로, 수술시 최소한의 연부 및 골막 조직의 손상과 골절면 사이의 섬유 연골조직을 제거하지 않는 것이 골유합을 얻는데 좋을 것으로 생각되며, 적합한 크기의 interlocking 금속정을 선택함으로써 합병증을 줄일 수 있을 것으로 사료된다.

REFERENCES

- 1) 전철홍, 김상수, 한홍준, 김민호 : Ilizarov 체외기기를 이용한 감염성 불유합의 치료. *대한정형외과학회지*, 제28권, 제3호, 1168-1176, 1993.
- 2) 한홍준, 전경열, 김상수 : 골수강내 금속정 고정 및 나사못 맞물림법 시행후 발생한 문제점에 관한 분석. *대한정형외과학회지*, 제25권, 제2호, 377-388, 1990.
- 3) Barron SE, Robb RA, Taylor WF and Kelly PJ : The effect of fixation with intramedullary rods and plates on fracture-site blood flow and bone remodelling in dogs. *J. Bone Joint Surg*, 59A:376-385, 1977.
- 4) Bone LB and Johnson KD : Treatment of tibial fractures by reaming and intramedullary nailing. *J. Bone Joint Surg*, 68A:877-887, 1986.
- 5) Boyd HB, Lipinski SW and Wiley JH : Observation on non-union of the shaft of the long bones, with statistical analysis of 842 patients. *J. Bone Joint Surg*, 43A:159-168, 1961.
- 6) Grosse A : Aseptic Pseudoarthrosis of Femur and Tibia. *International Symposium on Recent Advances in Locking Nails*, Hong Kong, 1992.
- 7) Kelly PJ : Infected nonunion of femur and tibia. *Orthop. Clin. North Am*, 15:481-490, 1984.
- 8) Kempf I, Grosse A and Rigant P : The treatment of noninfected pseudoarthrosis of the femur and tibia with locked intramedullary nailing. *Clin Orthop*, 212:142-154, 1986.
- 9) Kessler SB, Hallfeldt KKJ, Perren SM and Schweiberer L : The effects of reaming and intramedullary nailing on fracture healing. *Clin Orthop*, 212:18-25, 1986.
- 10) Meyer S, Weiland AJ and Willenegger H : The Treatment of Nonunion of Fractures of Long Bone. *J. Bone Joint Surg*, 57A:836-842, 1975.
- 11) Miller ME, Ada JR and Webb LX : Treatment of infected nonunion and delayed union of tibia fractures with locking intramedullary nails. *Clin Orthop*, 245:233-238, 1989.
- 12) Miller ME, Davis ML, MacClean CR, Davis JG, Smith BL and Humphries JR : Radiation exposure and associated risks to operating room personnel during use of fluoscopic guidance for selected orthopaedic surgical procedures. *J. Bone Joint Surg*, 65A:1-4, 1983.
- 13) Muller ME and Thomas RJ : Treatment of non-union in fractures of long bones. *Clin Orthop*, 138

:141-153, 1979.

- 14) **Paley D** : Ilizarov treatment of tibial nonunion with bone loss. *Clin Orthop*,241:146-165, 1989.
- 15) **Weber BG and Brunner C** : The treatment of Nonunion without electrical stimulation. *Clin Orth-*

op,161:24-32, 1981.

- 16) **Winkquist RA, Hansen ST and Clawson OK** : Closed intramedullary nailing of femoral fractures. *J. Bone Joint Surg*,66A:529-539, 1984