

비확공 AO 금속정을 이용한 개방성 경골 간부 골절의 내고정술후 나사못 파절의 문제점*

충남대학병원 정형외과학교실

변기용 · 이광진 · 이준규 · 황득수 · 박찬희 · 김형성

— Abstract —

The Problem of Screw Failure at the Interlocking Nailing using AO Unreamed Tibial Nail(UTN) in the Treatment of the Tibial Shaft Fractures

Ki-Young Byun, M.D., Kwang-Jin Rhee M.D., Jun-Kye Lee M.D.,
Deuk-Soo Hwang M. D., Chan-Hee Park, M.D., Hyeong-Seong Kim, M.D.

*Department of Orthopaedic Surgery, Chung Nam National University Hospital,
College of Medicine, Dae-Jeon, Korea.*

Recently, the interlocking intramedullary nailing is being regarded as one of the best method using static or dynamic UTN(Unreamed Tibial Nail) in the treatment of the tibial shaft fractures. However it has made the locking screw break because the early weight bearing and exercise for the early bony union and the delayed removal of the static locked screw. Failure of the locking screw has not resulted in loss of reduction, but broken screw can make nail removal difficult.

The authors have clinically analysed 17 patients of open tibial shaft fractures treated with static or dynamic interlocking intramedullary nailing using UTN followed by more than 6 months at Chung Nam National University Hospital from January 1993. to February 1995.

1. In all 17 cases, nails were inserted via closed method and early weight bearing was encouraged.
2. Among 17 cases, 4 cases of proximal static screw were broken, and all screw failures were occurred in "static hole" of proximal portion of AO UTN.
3. Among 17cases, secondary dynamization was tried at POD 4 wks for early bony union in only one case and that revealed good result.

※ 통신저자 : 변 기 용

충남 대전시 대사동 640

충남대학병원 정형외과

* 이 논문은 1995년 제39차 추계 대한 정형외과 학술회에서 구연되었음.

* 본 논문은 1995년 충남대학교 병원 임상연구비 보조에 의해 이루어진 것임.

So, We recommend that the locking screw of the proximal lowest hole should be removed before weight bearing because of its mechanical weakness, and that the start of weight bearing should be considered according to AO Group's principles including the character of the patient and fractures.

Key Words : AO UTN, Screw failure.

서 론

최근 교통사고의 급증과 아울러 경골 골절의 빈도가 어느 장관골 골절보다 높아짐에 따라 이에 대한 치료방법도 날로 향상되고 있다. 1940년 Kuntz-cher가 장관골 골절의 치료법으로 골수강내 금속정을 처음 도입한 이래 연성 골수정, 교합성 골수강내 금속정이 발전하고 최근 경골 간부 골절에 선호되고 있는 AO Unreamed Tibia Nail에 의한 치료는 그 관심도의 증가와 더불어 문제점등도 논란의 대상이 되고 있다^{7,10}.

골수강내 금속정을 이용한 치료는 골절 부위의 견고한 고정으로 조기 관절운동 및 체중 부하를 가능케함으로써 조기에 골유합을 얻을 수 있고, 입원기간의 단축 등의 많은 장점을 가지고 있다. 교합성 골수강내 금속정 고정술의 경우 골수강내 확공술로 인해 발생하는 골수강내 혈액 순환장애와 골내막 가골형성 장애 등의 문제점을 안고 있어², 최근 AO UTN에 의한 새로운 골수정 고정술을 이용해 확공을 하지 않고 적은 합병증으로 골유합을 증진시키고 피질골 혈류공급 등에 많은 잇점을 살리고 있다⁴. 그러나, 이 새로운 골수정 AO UTN은 다른 교합성 골수정에 비해 단면적의 크기가 작을 뿐 아니라 맞물림 나사못의 지름도 작고, 조기 체중부하, 부적합한 역동화(Dynamization)의 시기 선택, 또 그릇된 금속정의 선택으로 인한 나사못 파절은 또 하나의 문제점을 발생시켜, 이에 저자들은 1993년 1월부터 1995년 2월까지 충남대학병원 정형외과에서 개방성 경골 간부 골절 이후 AO UTN을 이용해 치료한 23례의 환자 중 최소 6개월 이상 추시가 가능했던 17례의 환자들에 대한 임상적 고찰을 문헌과 함께 보고하고자 한다.

증 례 분 석

개방성 경골 간부 골절 환자에서 AO의 비확공성

경골 금속정(Unreamed Interlocking Tibial Nail, AO UTN.)로 치료한 17례를 대상으로 하였다.

1) 연령 및 성별분포

총 17례 중 연령분포는 최하 21세에서 최고 70세로서 평균연령은 48세였고 성별 분포는 남자가 8명, 여자가 9명이었다. 21세에서 40세까지가 8명, 41세에서 60세까지 8명, 61세에서 80세까지는 1명이었다.

2) 골절의 원인

교통사고가 14례로 가장 많았고, 그 외 추락사고가 2례, 직접적인 외상에 의한 골절이 1례였다.

Table 1. Age & Sex distribution

	Male	Female	Total
21-40	3	5	8
41-60	4	4	8
61-80	1	-	1

3) 골절의 구분

17례의 개방성 경골간부골절에서 Gustilo 와 Anderson분류상 제1형이 15례로 가장 많았고, 제2형, 제3형이 각각 1례씩이었다. 불안정하다고 판단한 경우는 6례로, Johner와 Wruhs에 의한 골절형 분류에서 제 C형중 1형 즉, 회전력이 동반한 경우와 제3형 즉, 압쇄손상을 받은 경우로 하였다.

Table 2. Characteristics of fracture

	Stable	Unstable**	No. of cases
Open Type I	9	6	15
Type II	1	-	1
Type III *	1	-	1
Total	11	6	11

* By Gustilo and Anderson : Type III -A

** : comminuted type including C-1, C-3.

4) 골절의 양상

골절의 양상은 Johner 와 Wruhs에 의해 기술된 분쇄의 정도와 원인인자에 기초를 둔 9개의 골절형 분류중 나비형과 분쇄상 골절이 각각 7례씩이었고, 단순 골절형은 3례였다.

Table 3. Type of Fractures

	1	2	3	
Simple(A)	2	1	-	3
Blutlerfly(B)	1	5	1	7
Comminuted(C)	2	1	4	7
Total	5	7	5	17

5) 동반손상

8명에서 동반손상이 발생하였으며, 동측의 대퇴골 골절이 3례, 동측의 족관절 골절이 1례 그외 골반골 골절, 척추골절, 상완골골절 및 주상골골절이 각각 1례씩 있었다.

6) 수술시기 및 방법

환자의 전신상태 및 개방성 손상 정도에 따라 달랐지만 가능한한 수상 후 1일에서 2주 이내에 수술을 시행하여 조기체중부하를 통해서 조기보행에 역점을 두었다. 응급수술을 시행하지 않은 경우에 있어서, 연부조직의 손상을 방지하며 수술시 더욱 용이한 정복을 위해 수술전까지 종골에 횡선으로 핀을 삽입하여 골견인을 실시하였다. 모든 예에서 환자는 앙와위에서 슬관절을 90도 이상의 굴곡과 신전을 자유롭게 할 수 있도록 현수상태(hanging leg position)에서 방사선 영상중복기의 도움으로 비관혈적 정복을 한후 AO의 비확공성 경골 금속정을 이용하여 수술을 시행하였다.

개방성 골절에서 동반된 연부조직손상은 술후 48시간에 2차 변연절제술을 시행하였으며, 창상의 정도에 따라 지연봉합, 피부이식 또는 피판(flap)등을 이용하여 재건하였다. 감염증의 예방을 위해 관변위 항생제를 정맥 투여하였다.

7) 수술 후 처치

전례에서 술후 초기에 슬관절의 운동 및 대퇴사두근의 등장성 운동을 권하였고, 골절부의 안정성이

있다고 판단된 경우에는 즉시 부분 체중부하를 시켰으며, 분쇄의 정도가 크거나, 단순 방사선 소견상 경골 골수강내 직영이 금속정에 비해 넓은 경우는 안정성을 의심하여 가골형성이 확인될 때까지 슬개 전부하석고붕대나 보조기를 착용시키기도 하였다. 1례에서 근위부의 정적홀의 맞물림 나사못의 제거로 즉, 이차역동화(Secondary dynamization)을 얻어 체중부하 후 15주만에 조속한 골유합을 얻었다.

증 례 보고

증례 1 전 ○ ○

70세 남자환자로 이전 병력상, 정신과적으로 치매 및 조증이 병발한 환자로 교통사고에 의해 좌측 경골 만부 단순 골절 제3형이면서, 제1형의 개방성골절로 94.11.21 AO의 비확공성 경골 금속정(AO Unreamed Tibia Nail)을 사용하였다. 술후 6개월 후 불유합증 및 근, 원위부 맞물림 나사못의 파절로 술후 8개월만에 확공성 금속정을 이용한 크기가 더큰 금속정치환술 및 골이식술을 시행하고 현재 부분체중부하 및 관절운동으로 치료하고 있다.

증례 2 김 ○ ○

39세 여자환자로 승용차 운전자사고에 의해 우측 상완골 경부골절 및 좌측 수근부 주상골골절이 동반된 경골 간부 나비형 골절 제3형이며 제1형의 개방성 골절로 사용된 맞물림 나사못의 수는 4개였으며 술후 5개월째 조기 체중부하로 인한 원위부 첫번째 나사못의 파절이 있었고, 지연유합이 동반되었다. 동통이 심하고, 안정성이 떨어져 지름이 더 큰 확공성 경골 금속정으로 교환하였다.

결 과

골유합은 17례중 11례에서 얻을 수 있었으며, 평균 골유합 기간은 18.3주이었다. 나머지 6례중 부정유합증이 2례, 불유합증, 지연유합증이 각각 1례씩이었다. 2례의 부정유합증의 경우중에서 나사못 파절은 2례에서 발생하였다. 불유합증의 3례 중 1례와 지연유합증 1례에서는 맞물림 나사못의 파절도 동반되어서 각각 술후 7개월, 8개월후에 확공(reaming)을 하고 지름이 더 큰 형태의 금속정으로 교환하는 금속정치환술을 시행하였다.

Fig. 1. A. Initial simple X-ray film
 B. Postoperative simple radiography
 C. POD 6 months X-ray shows nonunion and screw failures
 D. Postoperative films(using reamed nail)

Table 4. Bony Union and Screw Failure

			Screw Failure
Bony Union	Good	11	-
	Malunion	2	2
	Nonunion	3	1
	Delayed	1	1
Total		17	4

평균 추시관찰기간은 10.2개월이었으며 그후 급속
 정을 제거술을 받은 경우는 2례있었다.

맞물림 나사못의 고정수는 근위부 2개만 한 경우
 에서 근위부 3개와 원위부 2개를 합하여 총 5개까지

Table 5. Fracture Type and Screw Failure

Type	Screw failure
Simple	1
Butterfly	1
comminuted	2

다양하였으며, 나사못의 실패가 일어난 4례에서 모
 두 근위부의 최하부의 나사못 즉, 정적홀의 나사못
 이 부러지거나 휘어져 파절(Failure or breakage)
 을 보였다.

총 17례중 이차적 역동화(secondary dynami-
 zation)를 시도한 1례는 4주째 근위부 정적홀(stat-
 ic hole)에 고정된 나사못을 제거하므로써 조기에

Fig. 2. A. Initial simple X-ray film
 B. Postoperative simple radiography
 C. POD 6 weeks X-ray film shows screw failures at static hole
 D. POD 5 months X-ray film shows screw failures at static hole and delayed union
 E. Postoperative films(using reamed nail)

골유합을 얻을 수 있었다.

술후 감염은 1례에서 술후 3주째 발생하여 광범위 항생제(3세대 세파제) 투여와 변연절제술 및 세척술로 감염 2주만에 치유되었다.

맞물림 나사못 파절을 일으킨 4례중 2례는 breakage에도 불구하고 부정유합이 발생하여 금속정 제거시에만 어려운 문제점을 남기고, 동통이나 관절운동 범위에는 큰 영향이 없어 금속정치환술을 실시하지 않았다.

술후 체중부하는 나사못 파절이 일어난 4례 모두가 6주 이내 부분적인 체중부하를 시작하였고, 이차

Table 6. Weight Bearing time and Complication

Complication	Wt. bearing		Total
	Within 6wks	After 6wks	
Good union	11	-	11
Nonunion	-	2	2
Nonunion and screw failure	1	-	1
Delayed union and screw failure	1	-	1
Malunion, shortening with screw failure	2	-	2
Total	15	2	17

Table 7. Clinical results of open tibial shaft fractures using AO UTN

Patient	Weight bearing		Bony union (wks)	Average F/U (Months)	Screw fixation		Removal of screws	Failures of screws	Union
	Partial	Full			Proximal	distal			
1	2wks	3M*	-	9	2	3		Prox.2 & Distal 1st & 2nd	Nonunion
2	1wk	3M	20	18	2	2			Good
3	3day	3M	13	9	2	-			Good
4	1day	3M	16	11	2	2			Good
5	3day	3M	24	6	2	2			Good
6	2day	3M	20	10	3	-		Prox 3rd	Malunion
7	2day	3M	16	6	2	2			Good
8	6wks	3M	-	8	2	2			Nonunion
9	1wks	3M	17	20	2	2			Good
10	1wk	3M	24	7	3	2	Distal 1st & 2nd (POD 4M)	Prox 3rd	Malunion
11	4wks	3M	21	21	2	2			Good
12	5wks	3M	25	6	2	1			Good
13	1wks	3M	-	12	2	2	Prox. 2nd (POD 5M)	Prox. 2nd	Delayed union
14	3wks	3M	18	6	2	2			Good
15	12wks	3M		9	3	2			Nonunion
16	2wks	3M	19	7	2	2			Good
17	4wks	3M	15	9	2	2	Prox. 2nd (POD 1M)		Good
Average	2.8wks	3M	18.3	10.2	2.2	1.8			

* : Month

적 역동화(secondary dynamization)는 4례 모두 실시하지 않았다. 6주 이후 부분적인 체중부하를 한 경우 불유합은 2례에서 보였고, 6주 이내의 경우에는 1례에서 나사못 파절이 동반되어 나타났다. 부정유합 및 단축이 2례에서 술후 6주 이내에서 발생하였다.

고 찰

경골 골절은 장관골골절중 가장 빈도가 높은 골절로 계속 그 빈도가 증가하는 추세에 있으며, 합병증(자연유합, 불유합, 부정유합, 감염 등) 또한 많이 발생하기 때문에¹⁾ 최근 골수강내 금속정을 이용한 치료법이 널리 선호되고 있다. 1940년 Kuntscher가 장관골의 골수강내 금속정고정술을 소개한 이후, 1950년대 골수강내 확공에 의해 골절부의 안정성을 향상시킬 수 있다는 개념이 알려졌으며, 1980년대에

들어와 교합성 금속정(interlocking nail)에 의해 골절부의 견고한 고정을 얻어 조기관절운동 및 체중부하가 가능하게함으로써, 경골 골절의 골수강내 금속정 고정술의 적응증은 매우 넓어졌다. 특히 금속정 고정술은 방사선 영상 증폭장치(imageintensifier)의 개발로 골절부위를 개방하지 않고 수술할 수 있어 감염율을 2%이하로 줄일 수 있다는 장점을 지니고 있다^{8,10,15,16)}. 확공을 하는 골수강내 금속정 고정술은 폐쇄성 경골 간부 골절의 치료에서 이미 성공적인 치료성적을 보여주었다⁹⁾. 즉, 경골 골수강의 내면과 금속정 사이의 접촉면(bone-nail contact area)을 증가시키므로 더욱 더 견고한 고정이 되도록 할 뿐만 아니라, 큰 지름의 금속정을 삽입할 수 있는 공간을 넓혀주었으며¹⁰⁾, reamed debris의 골이식효과와 함께 골막혈관 증식으로⁴⁾ 골유합의 조기 촉진 및 관절 기능회복을 이룰 수 있는 많은 장점을 지니고 있다.

그러나, 금속정 고정술시 이 확공술(Reaming)을 시행하는 경우에 문제점들이 논란이 되고 있는데, 그 일례로 골내막의 혈류장애가 개의 경골의 연구 등에 의해 입증되었다⁹⁾. 특히 골막손상이 동반된 개방성 골절과 중등도 이상의 연부조직 손상을 동반한 폐쇄성 골절에서는 골내막 혈류공급이 매우 중요하기 때문에 확공(reaming)을 하지 않는 금속정(Lottes and Ender nails)이 요구되게 되었다. Lottes나 Ender nails 등은 낮은 합병율을 보고하고 있으나^{13,16)} 장축과 회전축 방향으로의 안정성 등은 분쇄가 심한 골절에서는 커다란 문제점으로 남게 되었다. 이에 횡고정 맞물림 나사못 고정술의 발전을 장축과 회전축 방향으로의 안정성 및 그 견고성을 향상시켰으며, 결국은 확공(reaming)을 하지 않고 횡고정 나사못 고정을 추가한 금속정 고정술이 개발되어, 개방성 경골 간부골절 및 심한 연부조직 손상을 동반한 폐쇄성 경골 간부골절의 치료에 있어서 외부고정장치에 비해 치료한 경우에 비해 감염율이나 불유합의 발생율을 감소시키는 치료가 최근 많은 각광을 받게 되었다.

AO Unreamed Interlocking Tibial Nail (UTN)은 solid nail로써 기존의 tubular nail과 달리 단면적이 경골과 유사하게 삼각형으로 되어 있어서 dead space가 없으며, 확공(reaming)을 하지 않으므로, 골수강내 혈액순환 차단 및 연부조직손상을 줄일 수 있으며, 상하 맞물림 나사못을 사용함으로써 견고한 고정을 얻을 수 있어 단축이나 부정유합등의 합병증을 방지할 수 있고, 외부 고정기기 사용시 발생하는 편 주위 감염이나 연부조직 치유 후 이차적인 골수강내 금속정치환술등의 과정이 필요하지 않다. 이 새롭게 개발된 AO UTN의 몇가지 적응증으로는 중등도 이상의 연부조직 손상이 동반된 경골 간부의 복잡성 혹은 비개방성 골절, 개방성 골절 치료에 있어서 외부고정기기의 대용으로 사용할 경우, 외부고정기기를 최기에 사용하고 조기에 금속정 치환술이 필요한 경우에 사용되고 있다.

최근 보고에 의한 Grade III-B의 개방성 경골 간부 골절의 치료에서 외부 고정 장치로 치료한 결과와 비교해 볼때, 골유합이나 감염 발생율에서 유의한 차이가 없음을 보고하고 있다^{12,14)}. 본 예에서는 이런 많은 장점을 지닌 AO Unreamed Interlocking Tibial Nail(UTN)로 치료한 17례에서 골유

합의 조기촉진을 위한 조기체중부하 및 적절한 시기에 맞물림 나사못의 제거로 역동화(Dynamization)를 하지 못한 경우 맞물림 나사못의 파절(failure or breakage)이 4례에서 발생하게 되어 이에 대한 문제점들을 임상적 연구를 통해 분석하였다.

비확공성 경골 금속정은 그 직경(diameter)이 8mm에서 10mm로 다른 금속정에 비해 작고, 횡고정 맞물림 나사못(Lacking bolts or screws) 역시 작은 크기로 되어 있어, 결과적으로 확공성 금속정보다 그 파절의 기회가 더 크다. 금속정 자체(Nails)에 대한 파절의 발생율은 평균 0%에서 6%, 나사못의 파절은 평균 4%로 보고하고 있다^{3,6,17)}. 본 17례중 맞물림 나사못의 파절이 일어난 4례 중의 1례(중재 1)는 경골 근위부에서 2개 및 원위부에서 3개의 맞물림 나사못이 파절되었으며, 3례는 한개의 맞물림 나사못만이 휘어지는 나사못 파절을 일으켰다. 나사못 파절을 일으킨 4례에서 부러진 나사못의 위치를 보면, 역동화(Dynamization)를 할 수 있는 근위부 나사못보다 바로 하방에 존재하는 맞물림 나사못 즉, 정적홀의 나사못이 4례 모두에서 부러졌으며 1례에서는 원위부 2개의 나사못도 같이 부러진 것을 발견 할 수가 있었다. 이차적 역동화는 1례에서만 술후 4주째 실시하였고 조기에 골유합을 얻을 수 있었다.

Russel과 Boynton등은 맞물림 나사못의 파절이 결과적으로 골절 정복의 실패는 유도하지 않는다고 하였고, 근, 원위부의 맞물림 나사못들은 반대편 피질골을 통과시킴으로써 장차 금속정제거술은 용이하게 하겠지만 나사못등은 체중부하에 의한 하중을 견디지 못하고 부러지 말 것이라고 하였다.

본례에서도 나사못 파절의 4례중 2례는 유합은 이루어졌으나 부정유합이 되었고, 금속정제거술을 시행하지 않았다.

경골 간부골절의 치료에서 확공을 하지 않은 골수강내 금속정(Unreamed Tibial Nail)의 출현은 조기 체중부하 및 관절운동으로 기능 회복 기간을 단축시킬 수 있고 특히, 개방성 혹은 중등도 이상의 연부조직을 동반한 폐쇄성 경골 간부 골절에 적용할 수 있어 각광을 받기 시작함에 따라 그 문제점이 하나씩 보고되고 있는데, 불유합, 부정유합, 지연유합, 감염 등의 합병증 외에 금속정 및 횡고정 맞물림 나사못의 파절이 발생할 수 있다. 이 나사못 파

절의 원인으로는 체중부하에 따른 맞물림 나사못의 부적응을 들 수 있는데, 작은 직경의 금속정과 작은 크기의 맞물림 나사못에 가해지는 장축으로의 상대적 큰 압력은 나사못을 휘거나 부러뜨리는 유발인자라 할 수 있겠다. 또한 역동화(Dynamization)를 위한 맞물림 나사못의 제거시기의 부적절성, 그리고 환자 고유의 인자로서 정신신경과적인 문제, 분쇄가 심한 골절의 유형에서의 낮은 견고성 등도 원인들이라 할 수 있겠다.

AO 그룹에서 AO UTN의 사용에 있어서 금기로서 경고하고 있는 예로서는, 지속되는 감염증, 약한 골주, 병적 골절, 부정유합, 불유합 등을 들 수 있고, 삽입한 금속정에 과도한 부하를 피하여 피로골절을 방지하고, 골 결손이 심하든가 분절상의 골절에서는 15Kg이상의 체중부하를 해서는 안된다고 하였다.

또한 동적화(Dynamization)는 일차적으로 수술 당시 맞물림 나사못을 동적홀에 고정하는 것이고, 이차적 동적화는 술후 6주에서 10주사이에 정적홀의 맞물림 나사못의 제거와 동시에 체중부하를 서서히 실시하므로 이루어질 수 있다고 하였다. 이러한 이차적 동적화가 어려운 환자에서는 체중부하를 연기하거나, 석고 붕대나 보조기로 고정기간을 연장할 것을 강조하고, 불안정성이 문제가 될 경우에는 지름이 더 큰 확공성 금속정으로의 대치를 권유하였다.

결 론

개방성 경골 간부 골절 치료에서 AO UTN을 사용한 17례를 대상으로 하여, 그중 4례에서 발생한 맞물림 나사못 파절의 원인을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 17례의 개방성 경골 골절에서 분쇄의 정도가 심한 경우가 6례였으며, 술후 부정 유합과 단축등의 합병증을 야기시켰다.
2. 4례중 근위부 좌하방에 고정하는 맞물림 나사못은 모두 부러졌으며 원위부 나사못까지 실패를 보인 예는 1례였다.
3. 17례중 2례를 제외하고 술후 6주 이내에 조기 체중부하를 실시하였고, 완전한 체중부하는 3개월 도어서야 시행하였다.
4. 술후 역동화를 실시하고자 근위부 좌하부 나사

못을 제거한 경우는 1례가 있었고 골유합을 조기 얻을 수 있었으며 더이상의 나사못 파절이 발생하지 않았다.

5. 부정유합과 나사못 파절이 같이 동반한 예는 2례가 있었다.

REFERENCES

- 1) 유명철, 배대경, 이용걸, 김영수, 이문환 : Interlocking Kuntscher정을 이용한 경골골절의 치료. *대한정형외과학회지* 제 24권 제 5호 1321-1329, 1989.
- 2) 최익수, 김우일, 김영두, 이승호 : 경골 골절에서 골수강내 금속정을 이용한 치료. *대한정형외과학회지*; 29-5 : 1466-1474, 1994.
- 3) Anglen J, Unger D, Dipasqual T et al : The treatment of open tibial shaft fractures using an unreamed interlocked intramedullary nail : Is external fixation obsolete? Presented at the Eighth Annual Meeting of the Orthopaedic Trauma Association Minneapolis, Oct 1, 1992.
- 4) Barron SE, Robb RA, Taylor WF, Kelly PJ : The effect of fixation with intramedullary rods and plates on fracture-site blood flow and bone remodeling in dogs. *J Bone Joint Surg*, 59 : 376-385, 1977.
- 5) Bone LB, Johnson KD : treatment of tibial fractures by reaming and intramedullary nailing. *J Bone Joint Surg* AM 68 : 877-887, 1986.
- 6) Boynton MD, Curcin A, Marino AR, et al : Intramedullary treatment of open tibia fractures : A comparative study. *Orthop trans* 16 : 662, 1992.
- 7) Holbrook JL, Swionkowski MF and Sanders Roy : treatment of open fractures of the Tibia shaft : ender nailing versus external fixation : A randomized prospective comparison *J Bone Joint Surg* 71-A : 1231-1238, 1989.
- 8) Johnson KD and Johnson DWC and Parker B : Comminuted femoral -shaft fractures : Treatment by roller traction cerclage wires and an intramedullary nail, or and interlocking intramedullary nail *J Bone Joint Surg* 66-A : 1222-1235, 1984.
- 9) Klein MPM, Frigg R, Kessler S, Perren SM, Rahn BA(1990) : Reaming versus Non-reaming intramedullary Nailing Interference with Cortical circulation of the canine Tibia Arch, *Orthop Trauma Surg* 109 : 314-316, 1990.
- 10) Klemm, KW and Borner M : Interlocking nailing of complex fractures of the femur & tibia. *Clin Orthop*, 212 : 89-100, 1986.

- 11) **Melbourne DB, Gregory JS** : Nonreamed intramedullary nailing of open Tibial fractures. *J Am Acad Orthop Surg* 2 : 107-114, 1994.
- 12) **Santoro V, Henley M, Benirschke S, Et al** : Prospective comparasion of unreamed interlocking IM nail versus half-pin external fixation in open tibial fractures. Presented at the Sixth Annual Meeting of the Orthopaedic Trauma Association *Toronto*, Nov 10, 1990.
- 13) **Swanson TV, Spiegel JD, Sutherland TB et al** : A prospective comparative study of the Lottes nail versus external fixation in 100 open tibia fractures. *Orthop Trans* 14 : 716-717, 1990.
- 14) **Tornetta P III, Bergman M, Watnik N et al** : Treatment of grad III -b open tibial fractures : A prospective randomized comparasion of external fixation and non-reamed locked nailing *J Bone Joint Surg Br* 76 : 13-19, 1994.
- 15) **Veith RG, Johnson KB, Zuckerman JD, Bach AW and Hansen ST** : Treatment of unstable femoral shaft fractures with closed interlocking nailing. Soi Exhib Aun Meeting of the A.A.O.S., Athlanta, *Georgia*, Febrauary, 1984.
- 16) **Velazco A, Whitesides TE Jr, Fleming LL** : Open fractures of the tibia treated with the Lottes nail. *J Bone Joint Surg Am* 65 : 879-885, 1983.
- 17) **Whittle AP, Russell TA, Taylor JC, Et al** : treatment of open fractures of the tibial shaft with the us of interlocking nailing without reaming *J Bone Joint Surg Am* 74 : 1162-1171, 1992.
- 18) **Winkquist RA and Hansen ST Jr and Clawson DK** : Closed intramedullary nailing of femoral shaft fractures. A report of five hundred and twenty cases, *J Bone Joint Surg*, 66-a : 529-539, 1984.