

교합성 골수강내 금속정을 이용한 경골 간부 골절의 치료 - 확공성 및 비확공성 금속정의 비교 -

전북대학교 의과대학 정형외과학교실 · 외과학 연구소

이재훈 · 송경진 · 황병연

— Abstract —

Interlocking Intramedullary Nailing in the Treatment of the Tibial Shaft Fractures -Comparative Study between Reamed and Unreamed Nailing-

Jae-Hoon Lee, M.D., Kyung-Jin Song, M.D., Byung-Yun Hwang, M.D.

*Department of Orthopedic Surgery, College of Medicine, Institute of Medical Science,
Chonbuk National University, Chonju, Korea*

Interlocking intramedullary nailing has been popularized by its many advantages in the fracture treatment of long bone compared with the other fixatives. The purpose of this paper was to evaluate the treatment results in the viewpoint of bone union, complication and functional outcomes of the interlocking intramedullary nailing between reamed and unreamed technique in the treatment of tibial shaft fractures. We reviewed 64 tibial shaft fracture that were treated at our hospital from May 1990 to February 1995 with interlocking intramedullary nailing that composed 36 reamed, and 28 unreamed cases. These included 33 open fractures and 34 closed fractures. There was no significant differences in average period of radiologic union, complications and in the functional outcomes between the two treatment groups($P < 0.05$). Unreamed interlocking intramedullary nailing in the tibial shaft fractures must be a good treatment modality by its simplicity, shorter operation time, less probability in pulmonary and thromboembolic complications and less compromised medullary blood supply, especially in patients with multiple trauma or open fractures.

Key words : Tibia, Shaft fractures, Reamed, Unreamed, Interlocking intramedullary nailing

* 통신저자 : 송 경 진
전주시 덕진구 급암2동 634-18
전북대학교 의과대학 정형외과학교실

* 이 논문의 요지는 1996년도 춘계 골절학회에서 구연됨.

서 론

경골은 그 전내측 1/3부위가 얇은 피하조직으로 덮여 있고 체내 장관골 골절 중 그 빈도가 가장 높고, 지연유합, 불유합 및 골수염 등의 합병증이 빈발하는 것으로 잘 알려져 있다²⁰. 경골 골절의 치료 방법에는 여러 가지가 있으나 교합성 골수강내 금속정 삽입이 골절부를 개방하지 않고, 골수강 확공을 하여 더 작은 금속정의 사용이 가능한 점 이외에 다수의 장점 때문에 그 사용 범위가 확대되었고 일반화되었다. 그러나 최근에는 골수강내 확공술이 골수강내 혈행 장애와 감염의 빈도를 증가시키고 또한 색전증의 위험을 증가시킨다고하여 확공을 하지 않는 술식의 우수성이 대두되었다.

이에 저자들은 경골골절의 치료에서 확공성과 비확공성 금속정을 사용한 환자들을 대상으로 골 유합, 합병증, 기능적인 측면에서 치료 결과를 평가하여 보고자 하였다. 확공성과 비확공성으로 나누어 후향성 조사한 결과를 문헌 고찰과 함께 보고하고자 한다.

대상 및 방법

1. 연구대상

저자들은 1990년 5월부터 1995년 2월까지 경골 간부 골절에 대하여 확공성 수기로 치료한 36례의 경골 간부 골절과 비확공성 수기로 치료한 28례의 경골 간부 골절 총 64례를 최소 13개월간 역행성 추시 관찰하였다.

연령별 분포는 확공성에서 최소 19세에서 최장 77세로 평균 48세였고, 비확공성에서 최소 19세에서 최장 67세로 평균 43세였으며, 성별 분포는 확공성은 23명대 10명, 비확공성은 23명대 4명으로 모두 활동성이 많은 남자에서 많았다.

사고 원인으로는 보행자 사고가 확공성에서 13례, 비확공성에서 12례로 가장 많았고, 오토바이 사고, 승객 사고, 추락 사고의 순이었다.

골절의 분류는 확공성에서 분쇄 골절이 19례, 분절 골절이 7례, 횡상 골절과 사상 골절이 10례였고, 26례에서 비골골절이 동반되었으며, 비확공성에서 분쇄 골절이 22례, 분절 골절이 2례, 횡상 골절과

사상 골절이 4례였고, 20례에서 비골 골절이 동반되었다(Table 1).

Table 1. Classification of fracture

	reamed	unreamed
comminuted	19	22
transverse, oblique	10	4
segmenta	7	2
fibula fracture	26	20

연부조직의 손상 정도는 확공성에서 총 36례중 13례가 개방성 골절이었고, Gustilo²² 등의 분류로 type I이 6례, type II가 6례, type IIIA는 1례였고, 비확공성에서 총 28례중 17례가 개방성 골절이었고, type I이 10례, type II가 3례, type IIIA는 3례였고, type IIIB가 1례로 비확공성에서 연부조직의 손상이 심했다.

동반 손상으로는 확공성에서 대퇴골 골절, 경골 및 비골 골절, 슬개골 및 슬관절 손상, 족관절 및 족부 손상, 연부 조직 손상, 타과적 동반 손상이 각각 5례씩 있었고, 그외에도 골반골, 상완골, 전완부, 수부등 34명에서 총 38례에서 동반 손상이 있었으며, 경골 골절만 있었던 경우는 2례였고, 1례에서 확진되지 않는 폐색전증이 있었습니다. 비확공성에서는 신경 외과, 일반 외과, 흉부 외과 등 타과적 동반 손상이 18례로 가장 많았고, 족관절 및 족부 손상이 12례, 연부 조직 손상이 8례, 골반골 골절, 대퇴골 골절, 경골 및 비골 골절이 각각 7례였으며, 1명을 제외한 27명에서 총 76례의 동반 손상이 있어 비확공성으로 치료한 경우에서 동반 손상의 빈도가 월등히 높았습니다(Table 2).

2. 치료 방법

경골 간부 골절에서 골수강내 금속정의 적용은 저자마다 약간의 차이가 있으나, Bone과 Johnson⁶은 경골 결절 직하방에서 족관절 5cm상방까지, d'Auigne^{11,20}은 슬관절 6cm하방에서 족관절 5cm상방까지로 되어 있고, 저자들의 방법도 상기 적용에 크게 어긋나지 않았고 간부 골절과 동반된 비전위 천정부 골절, 경골과 골절, 족관절 골절의 경우는 나사못 고정으로 안정성을 얻은 후 금속정을 삽입하였다.

Table 2. Associated injury

	reamed	unreamed
femur Fx	5	7
tibia & fibula Fx	5	7
knee, patella Fx	5	6
ankle, foot Fx	5	12
soft tissue injury	5	8
hip, pelvis Fx	4	7
scapula, humerus Fx	3	6
hand, forearm Fx	1	4
other	5	18
(NS:GS:CS)	(2:2:1)	(8:5:5)
R/O fat embolism	1	-
total	38cases/34명	72cases/27명

Table 3. The criteria of functional results by Klemm and Borner(1986)

Excellent	Full knee and ankle motion No muscle atrophy Normal radiographic alignment
Good	Slight loss of knee or ankle motion Less than 2cm of muscle atrophy Angular deformity less than 50
Fair	Moderate loss of knee or ankle motion More than 2cm muscle atrophy Angular deformity 50-100
Poor	Marked loss of knee or ankle motion Marked muscle atrophy Angular deformity greater than 100

Table 4. The interval to bone union

	reamed	unreamed
	16-26wks	15-30wks
Average	18.0wks	19.2wks

확공술로 치료한 레는 동반 손상이 적고 환자의 상태가 양호한 경우로 대부분 정규 수술시간에 실시하였고, 경골 협부를 어렵지 않게 통과하는 정도까지의 확공기를 이용하였으며 피질골까지의 확공은 하지 않았다. 금속정의 직경은 마지막 확공기의 직경과 같은 혹은 한 단위 적은 금속정을 사용했다.

타과적 응급 수술이 필요한 경우, 흉부 외과적 동반 손상이나, 심전도 검사상 이상이 있는 경우, 심

Table 5. Treatment results by Klemm and Borner

	reamed	unreamed
Excellent	23	14
Good	9	8
Fair	3	3
Poor	1	1

한 개방성 골절의 경우, 동반 손상이 많은 경우는 환자의 상태를 고려하여 비확공성 수기로 치료하였다.

양측 모두 슬루 동통이 허락하는 한 빨리 슬관절 및 족관절에서 관절 운동을 실시하였고, 확공성의 경우는 가능한 빨리 부분 체중 부하를 실시하였고, 비확공성의 경우는 약 6주간은 체중 부하를 실시하지 않았으며, 동반 손상으로 인하여 그후에도 체중 부하를 실시하지 못한 경우도 많았다.

결 과

임상 결과 판정은 Klemm과 Borner²⁰의 평가법에 의하여 슬관절 및 족관절에서의 운동각, 근 위축 정도와 방사선학적 정렬 상태에 따라 평가하였고 (Table 3), 골유합은 Merianos²¹이 정한 골절 부위의 동통, 압통, 가동성의 유무, 방사선학적 가골의 성숙도와 골절면이 3/4이상이 폐쇄되는 시기를 골유합이 이루어지는 시기로 하였다.

골유합까지의 기간은 확공성에서 16주에서 26주로 평균 18주, 비확공성에서는 15주에서 30주로 평균 19.2주로 확공성에서 골유합이 빠른 것처럼 보이나 두 집단간의 통계학적 유의성 ($p < 0.05$)은 없었다 (Table 4).

Klemm과 Borner²⁰의 기능 평가 기준에 따라 확공성에서는 우수 23례, 양호 9례, 보통 3례로 86.1%에서 양호 이상의 결과를, 비확공성에서는 우수 14례, 양호 8례, 보통 3례로 78.1%에서 양호 이상의 결과를 얻었는데, 비확공성 수기에서 타과적 동반 손상 및 다수의 동반 골절 등으로 더 심한 손상의 환자였으며 체중 부하의 지연 등 전반적으로 환자의 상대적 조건이 확공성 수기의 환자보다 좋지 않았다 (Table 5).

부위에 따른 임상 결과는 두 집단간 및 부위별 의의있는 차이는 없었으나 분절 골절의 경우가 비교적 좋지 않았다 (Table 6).

Table 6. Regional results by Klemmand Bomer

	Proximal		middle		distal		segmental	
	reamed	unreamed	reamed	unreamed	reamed	unreamed	reamed	unreamed
Excellent	2	1	12	13	6	1	3	1
Good	-	1	7	6	1	-	2	2
Fair	-	-	-	-	1	-	2	2
Poor	-	-	-	1	-	-	-	-

Fig. 1-A. 25 year-old female with tibial and fibular shaft fracture.

B. Postoperative X-ray after unreamed intramedullary nailing.

C. Last follow-up, 18 months after operation, showing solid bony union of the tibia.

Table 7. Complication

	reamed	unreamed
Wound infection	-	1
Delayed union	3	2
Nonunion	-	1
Angulation(> 50)	2	3
Knee pain	2	1
Technical error	2	2
Screw bowing	-	1

술후 합병증으로는 지연 유합이 확공성에서 3례, 비확공성에서 2례, 5도 이상의 각형성은 확공성에서 2례, 비확공성에서 3례 였고, 그 이외에 수기상의 파오, 슬관절통, 나사못의 파손이 있었으나 금속정의 파손은 없었고, 화농성 관절염이나 골수염 등의

합병증은 없었으나, 1례에서 표층 창상 감염이 있었다. 비확공성에서 불유합 1례는 비골 절골술과 근위 나사못을 제거하여 역동화를 실시하여 골유합을 얻었다(Table 7).

증례 보고

증례 1.

25세 여자 환자로 보행자 사고로 발생한 좌측 경골 간부의 횡골절과 우측 경골 외파 및 근위부 골절, 좌측 상완골 간부 골절, 좌측 종골 골절을 동반 하였던 경우로, 우측 경골 간부에 대하여 비확공성 수기로 치료하였고, 수술후 관절 운동은 가능하였으나, 동반 골절로 보행과 체중 부하가 지연되었지만 골유합과 기능에는 문제가 없었다(Fig. 1).

중례 2

26세 남자 환자로 운전자 사고로 발생한 우측 경골 근위부 골절과 좌측 경골, 비골 간부와 원위부 사이에 골절이 있었고 장골 골절과 복부 타박상을 동반했으며 양측 모두 확공성 수기로 치료하여 아무런 문제없이 회복되었다(Fig. 2).

고 찰

경골은 체내 장관골 골절 중 그 빈도가 가장 높은 곳이며 교통 사고의 증가와 더불어 그 빈도는 증가하고 있고, 그 전내측 1/3부위가 얇은 파하조직으로 덮여 있고 혈액 공급이 빈약하여 지연유합, 불유합, 관절 강직 및 골수염 등의 합병증이 빈발하는 곳으로, 교합성 골수강내 금속정의 사용이 일반화되었다²⁰.

교합성 골수강내 금속정 삽입이 과거의 다른 술식에 비해 술후 외고정 장치가 필요 없이 조기 관절 운동, 체중 부하가 가능하고 불유합 및 술후 감염이 적은 장점이 있으며²⁰, 회전 변형과 단축을 막을 수

Fig. 2-A. 26 year-old male patient with both tibia and fibular shaft fractures.

B. Postoperative X-ray after reamed intramedullary nailing.

C. Last follow-up, 13 months after operation, showing solid bony union of the both tibia.

있어 경골 간부의 안정 골절은 물론 근위부 골절, 분쇄 골절, 본절 골절 등의 불안정 골절과 부정 유합과 불유합 등에도 널리 쓰이고 있다^{21,22}.

Court-Brown등¹⁸은 제 2, 3형의 골절에서도 철저한 창상 관리, 조기 연부 조직의 재건 및 조기의 골이식술을 시행하면 외고정 장치보다 결과가 좋고, 확공을 통하여 골이식술의 빈도를 줄일 수 있다고 했으며, Kessler등²³은 확공에 의한 골내막의 손상이 있어도 가골 형성은 억제되지 않고 조직학적으로나 방사선학적으로 풍부한 신생골 형성을 관찰하였고, 확공시 발생하는 골입자의 골이식 효과와 함께 골막 혈관 증식으로 골유합의 조기 촉진과 관절 기능 회복을 이룰 수 있는 장점이 있다고 했다². Trueta등²⁴은 피질골의 내측 2/3는 골수 동맥에 의하여 외측 1/3은 골막 혈관에 의해서 혈액 공급을 받고 있어 골막혈관이 재활성화되어 피질골에 영양을 공급하기 때문에 확공으로 인한 골수 혈관의 손상은 피질골의 영양 공급에 영향을 미치지 않는다고 보고했다.

Melborne과 Gregory²⁵는 경골 골수강의 내면과

금속정 사이의 접촉면을 확공을 통해서 증가시키고 골수강내 공간을 넓혀주므로 더 적은 금속정의 사용이 가능하여 더욱 견고한 고정기 될 수 있다고 했다. 그러나 Olerud와 Karlstrom⁴⁰⁾은 개방성 제1형과 심하지 않은 2형의 골절에서 창상이 치유될 때까지 지연해야 하고, 심한 제2형과 모든 제3형의 골절은 확공시 예상되는 피질골의 무혈 상태 및 감염의 확산을 방지하기 위해 비확공성으로 치료해야 한다고 했으며, Chapman⁴¹⁾은 개방성 골절에서 확공은 감염과 불유합의 빈도가 높다고 했다.

저자들은 개방성 골절에서 철저한 창상 관리와 함께 실시한 확공성 수기가 골유합의 지연이나 슬루 감염의 빈도에 있어서 유의있는 영향을 미치지 않았고 고도의 개방성 골절에서는 선택적으로 비확공성 수기나 외고정으로 치료했다.

골수강내 피질골의 확공(medullary cortical reaming)은 골을 약화시키므로 Clawson⁴²⁾은 4mm 이상 확공하지 않도록 주지하였고, Pratt⁴³⁾은 확공에 의한 염전력의 감소를 보고하면서 가능한 적게 확공을 하라고 했다. Rhinelander^{44,45,46)}는 확공을 하지 않은 집단에서 확공을 실시한 집단보다 신생 혈관의 생성이 더 빠름을 관찰했고, Sturmer⁴⁷⁾는 확공시 골수강 내압이 1000mmHg까지 상승하고 이 높은 압력은 골괴사와 지방 색전증의 빈도와 상관 관계가 있으며 비확공성 수기에서도 200mmHg까지 압력이 상승하며 지방 색전증의 가능성이 있음을 발견했다. 이상의 확공성 수기에 대한 해로운 영향을 고려하여 골수강내 금속정의 삽입은 최근에는 확공성 수기에서 비확공성 수기로 관심이 이동되고 있으며 확공을 하더라도 가능한 적게하고, 또 확공시 골수강 내압을 적게 올리는 방법을 강구하고 있다^{14,21,23,27,32,34)}.

저자들은 경골 간부 골절을 모두 비확공성 수기로 치료하지는 않고 있으며, 고도의 개방성 골절, 흉부 장기의 이상이 동반된 경우, 장시간의 수술을 요하는 다발성 골절 환자에서 선택적으로 비확공성 수기를 사용하고, 확공성 수기를 사용하는 경우에도 가능한 골수강내 피질골의 확공을 적게 실시하고 있다.

전위 골절은 물론 개방성 제1형과 2형에서도 골수강내 금속정의 삽입은 추천되는 치료법이다^{23,31,40)}. 많은 저자들은 제2형과 3형의 골절에서는 확공성 수기는 부적합하다고 하였고, 개방성 제3형의 골절에

서 확공성 수기나 판혈적 정복은 슬루 감염의 빈도가 아주 높아^{14,23,27,32,34,40)} 외고정이 더 이상적이다 하 였다^{2,17,31,38)}.

그러나 최근 연구는 제한된 예에서 개방성 제3형의 골절도 안전하게 비확공성 수기로 치료 가능하고^{14,20)}, 제ⅡB의 개방성 경골 간부 골절의 치료에서도 외고정 장치로 치료한 결과와 비교해서 골유합이나 감염율에 있어서 유의한 차이가 없다는 보고도 있고⁴⁸⁾, 일차적으로 외고정하고 추후에 이차적으로 골수강내 금속정의 삽입도 유용하다^{44,45,46,49)}는 의견도 있다.

Pape⁴⁰⁾은 폐손상이 있는 환자에서 확공성 수기는 금성 폐부전 증후군의 높은 빈도와 추가의 폐 손상을 준다고 하였고, 다발성 손상, 동반된 폐손상이 있는 환자는 비확공성 수기로 폐 합병증의 위험성의 증가 없이 치료할 수 있다고 했다⁴⁰⁾.

저자는 ⅡA, ⅡB의 개방성 골절 중 선택적으로 4례를 비확공성 수기로 치료하여 슬루 감염이나 합병증의 병발 없이 치료하였다. 이런 다발성 손상 환자에서 골절의 고정은 조기 기동과 간호의 수월성, 폐 기능의 호전등으로 폐와 혈전성 합병증의 빈도를 줄일 수 있다^{7,20,34,35)}.

연령, 골편의 전위 정도, 골절의 분쇄 정도, 개방성 창상의 유무 및 연부조직의 손상 정도, 감염 여부 등이 경골 골절의 예후에 영향을 미치는 중요한 인자들이다^{1,15,22,27,31,40)}. 경골의 불유합은 다른 장관골에 비하여 높은 빈도를 보이고^{11,44,45,46)}, 골절의 분쇄상¹⁾, 분절 결손²⁾, 연부 조직 손상¹⁰⁾, 감염¹³⁾, 골절되지 않은 1'골¹⁹⁾, 다발성 손상과 지연된 체중 부하²⁰⁾가 경골 불유합의 중요한 예후 인자라고 하였고, Heppenstall²⁰⁾은 경골의 불유합에 있어서 지연된 체중 부하가 아주 중요한 예후 인자라고 하였는데, 저자는 비확공성 수기로 치료하고 수술후 사진상 골절 편간의 간격을 보이고 정신과적 문제로 체중 부하가 늦었으며 재활 치료에 잘 호응하지 않았던 환자에서 불유합을 경험했고, 근위 나사못을 제거하여 역동화와 비골 절제술을 실시하여 골유합을 얻었다.

비골 골절의 동반 여부에 대하여 Rosenthal^{44,45,46)}은 비골 골절이 동반되지 않았을 때 골편에 안정성을 주어 골유합이 촉진된다고 보고했고, Samiento^{44,45)}은 비골의 골절이 동반되지 않으면 비골의 신연 효과에 의하여 골유합에 지장을 주는

때도 있다고 상반된 보고가 있으나, 저자의 경우에는 확공성, 비확공성 모두 골유합에 영향을 미치지 않았다.

결 론

경골 간부 골절에서 비확공성 교합성 골수강내 금속정의 삽입은 수기상의 간편성, 짧은 시술 시간, 적은 감염률, 혈전성 폐 색전증의 가능성이 적고, 특히 골수강내 혈행장애 등의 문제점을 최소화할 수 있기 때문에 확공성 수기보다 우수하다. 다발성 손상, 개방성 골절 및 심폐 기능 장애가 있는 환자에서 확공성 수기보다 적은 합병증으로 안전하게 시행할 수 있는 수술 방법으로 사료된다.

REFERENCES

- 1) Bach AW and Hansen ST Jr : Plates & External Fixation in Severe Open Tibial Shaft Fracture. *Clin Orthop*, 241:89-94, 1989.
- 2) 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 Remodeling in Dogs. *J Bone Joint Surg*, 59:376-385, 1977.
- 3) Beauchamp CG, Clifford RP and Webb JK : Functional Results after Immediate Internal Fixation of Open Tibial Shaft Fractures. *J Bone Joint Surg*, 67B:325, 1985.
- 4) Benirschke SK, Santoro VM and Henley MB : Secondary Intramedullary Nailing for Delayed Unions and Nonunion after Failed External Fixation for Open Tibial Shaft Fractures. Presented at the 58th Annual Meeting of the American Academy of Orthopaedic Surgeons, Anaheim, CA, March:7-12, 1991.
- 5) Blachut PA, Meek RN and O'Brien PJ : External Fixation and Delayed Intramedullary Nailing of Open Fractures of the Tibial Shaft. *J Bone Joint Surg*, 72A:729-735, 1990.
- 6) Bone LB and Johnson KD : Treatment of Tibial Fractures by Reaming and Intramedullary Nailing. *J Bone Joint Surg*, 68A:877-887, 1986.
- 7) Bone LB, Johnson KD and Weigelt J : Early versus Delayed Stabilization of Femoral Fractures. A Prospective Randomized Study. *J Bone Joint Surg*, 71A:336-340, 1989.
- 8) Brighton CT, Black J, Friedenber ZB, Esterhai JL, Day LJ and Connolly JF : A Multicentered Study of the Treatment of Nonunion with Constant Direct Current. *J Bone Joint Surg*, 60A:118, 1978.
- 9) Chapman MW : The Role of Intramedullary Fixation in Open Fractures. *Clin Orthop*, 212:26-34, 1986.
- 10) Clawson DK, Smith RF and Hansen ST : Closed Intramedullary Nailing of the Femur. *J Bone Joint Surg*, 53A:681-692, 1971.
- 11) Connolly JF : Electrical Treatment of Nonunions. *Orthop Clin North Am*, 15:89, 1984.
- 12) Court-Brown CM, McQueen MM, Quaba AA and Christie J : Locked Intramedullary Fixation in Open Fractures. *J Bone Joint Surg*, 73B:959-964, 1991.
- 13) d'Auigne RM : Infection in the Treatment of Ununited Fractures. *Clin Orthop*, 43:77, 1965.
- 14) Dalton JE, Salkeld SL, Satterwhite YE and Cook SD : A Biomechanical Comparison of Intramedullary Nailing System of the Humerus. *J Orthop Trauma* 7(4):367-74, 1993.
- 15) DeLee JC, Heckman JD and Lewes AG : Partial Fibulectomy for Ununited Fractures of the Tibia. *J Bone Joint Surg*, 63A:1930-1935, 1981.
- 16) DiPasquale T, Helfet D and Sanders R : The Treatment of Open and/or Unstable Tibial Fractures with an Unreamed Double-Locked Tibial Nail. Presented at the Fifth Annual meeting of the Orthopaedic Trauma Association, Philadelphia, PA, Oct:19-21, 1989.
- 17) Edwards CC : Staged Reconstruction of Complex Open Tibial Fractures using Hoffmann External Fixation: Clinical decisions and dilemmas. *Clin Orthop*, 178:130-161, 1983.
- 18) Edwards CC, Jaworski MF and Solana J : Management of Compound Tibial Fractures using External fixation. *Am Surg*, 45:190-203, 1979.
- 19) Fischer MD and Gustilo RB : Timing of Flap Coverage: Bone Grafting and Intramedullary Nailing of Tibial Shaft Fractures with Extensive Soft-Tissue Injury. Presented at the 58th Annual Meeting of the American Academy of Orthopaedic Surgeons, Anaheim, CA, March:7-12, 1991.
- 20) Gustilo RB, Gruninger RP and Davis ST : Classification of type II (severe) open fractures related to treatment and results. *Orthopaedics*, 10:1785-1788, 1989.

- 21) Hak DJ and Johnson EE : The Use of the Unreamed Nail in the Tibial Fractures with Concomitant Preoperative or Intraoperative Elevated Compartment Pressure or Compartment Syndrome. *J Orthop Trauma*, 8(3):203-211, 1994.
- 22) Hasenchuttl K : The Treatment of Unstable Fractures of the Tibia and Fibula with Flexible Medullary Wires. *J Bone Joint Surg*, 63A:921-931, 1981.
- 23) Helfet DL, Howey T, Dispasquale T, Sanders RW, Zinar D and Brooker A : The Treatment of Open and/or Unstable Tibial Fractures with an Unreamed Double-Locked Tibial Nail. *Orthop Rev*, suppl:9-17, 1994.
- 24) Henley MB : Intramedullary devices for Tibial fractures stabilization. *Clin orthop*, 240:87-96, 1989.
- 25) Henley M and Mayo K : Prospective comparison of Unreamed Interlocking IM nails and Half-pin external fixation for Grade I and II open tibia fractures. Presented at the Fifth Annual Meeting of the Orthopaedic Trauma Association, Philadelphia, PA, Oct:19-21, 1989.
- 26) Henley MB, Meier M and Tencer AF : Influences of Some Design Parameters on the Biomechanics of the Unreamed Tibial Intramedullary Nail. *J Orthop Trauma*, 7(4):311-319, 1993.
- 27) Hofer HP, Seibert FJ, Schweighofer F and Paszicsnyek T : The Unreamed Tibial Intramedullary Nail in the Treatment of Tibial Fractures-Initial Experiences. *Langenbecks Arch. Chir*, 379(1):32-37, 1994.
- 28) Kessler SB, Hallfeldt KK and Schweiberer L : The Effects of Reaming and Intramedullary Nailing in Fracture Healing. *Clin Orthop*, 212:18-25, 1986.
- 29) Ketenjian AY and Shelton ML : Primary Internal fixation of Open fractures: A retrospective study of the use of Metallic Internal fixation in Fresh open fractures. *J Trauma*, 12:756-763, 1972.
- 30) Klaus AS, Barabara S and Roland PJ : Treatment of Complex Tibial Shaft Fractures. Arguments for Early Secondary Intramedullary Nailing. *Clin Orthop*, 290:260-274, 1993.
- 31) Kleinm KW and Borner M : Interlocking Nailing of Complex Fractures Of the Femur and Tibia. *Clin Orthop*, 212:89-100, 1986.
- 32) Krettek C, Haas N, Schandelmaier P, Frigg R and Tschernke H : Unreamed tibial Nail in the Tibial Shaft Fractures with Severe Soft Tissue Damage. Initial Clinical Experiences. *Unfallchirurg*, 94(11):579-587, 1991.
- 33) Kuntscher G : Intramedullary Surgical Technique and its Place in Orthopedic Surgery. *J Bone Joint Surg*, 47A:809-818, 1965.
- 34) Kuner EH, Serif el-Nasr MS, Munst P and Stalger M : Tibial Intramedullary Nailing without Open Drilling. *Unfallchirurg*, 19(5):278-283, 1993.
- 35) LaDuca JN, Bone LL and Seibel RW : Primary Open Reduction and Internal fixation of Open Fractures. *J Trauma*, 20:580-586, 1980.
- 36) Lawyer RB Jr and Lubbers IM : Use of the Hoffmann apparatus in the treatment of Unstable Tibial Fractures. *J Bone Joint Surg*, 62A:1264-1273, 1980.
- 37) Leach RE : Fractures of the Tibia and Fibula. Fractures in adults. 2nd Ed vol2:1593-1663, 1984.
- 38) MacKenzie DA, Martimbeau C and Mudge K : A prospective study of Closed reamed locking intramedullary rods in the early management of Open tibial fractures. Presented at the 6th Annual Meeting of the Orthopaedic Trauma Association, Toronto, Ontario, Canada, Nov 7-10, 1990.
- 39) Mauer DJ, Merkow RI and Gustilo RB : Infection after Intramedullary Nailing of severe Open Tibial Fractures initially treated with External Fixation. *J Bone Joint Surg*, 71A:835-838, 1989.
- 40) McGraw JM and Lim EV : Treatment of Open tibial-shaft fractures: External fixation and Secondary intramedullary nailing. *J Bone Joint Surg*, 70A:900-911, 1988.
- 41) McNeur JC : The management of Open skeletal trauma with particular reference fixation of Open Fractures. *J Bone Joint Surg*, 52B:54-60, 1970.
- 42) Melbourne DB and Gregory JS : Nonreamed intramedullary nailing of open Tibial fractures. *J Am Acad Orthop Surg*, 2:107-114, 1994.
- 43) Merianos P, Cambouridis P and Smyrnis P : The treatment of 143 Tibial Shaft Fractures by Ender's nailing and early weight bearing. *J Bone Joint Surg*, 67B:576-580, 1985.
- 44) Muller ME and Thomas RJ : Treatment of Nonunion in Fractures of Long Bones. *Clin Orthop*, 138:141, 1979.
- 45) Nicoll EA : Fractures of the Tibial Shaft. *J Bone Joint Surg*, 46B:373-387, 1964.
- 46) Olerud S and Karlstrom G : The spectrum of Intramedullary nailing of the Tibia. *Clin Orthop*, 212:101-112, 1986.
- 47) O'Sullivan ME, Chao EY and Kelly PJ : The Effects of Fixation on Fracture-Healing. *J Bone*

Joint Surg, 71A(2):306-310, 1989.

- 48) Pape HC, Auf'm Kolk M, A and Paffrath T : Primary intramedullary femur fixation in multiple trauma patients with associated with lung contusion-A cause of posttraumatic ARDS? *J Trauma*, 34:540-548, 1993.
- 49) Pape HC, Regel G and Dwenger A : Influences of different methods of intramedullary femoral nailing on lung function in patients with multiple trauma. *J Trauma*, 35:709-716, 1993.
- 50) Perren SM : The Biomechanics and Biology of Internal Fixation Using Plates and Nails. *Orthopedics*, 12:21-33, 1989.
- 51) Pratt DJ, papagianoupoulos G, Rees PH and Quinnell R : The effects of Intramedullary Reaming on the Torsional Strength of the Femur. *Injury*, 18:177-179, 1987.
- 52) Rand JA, Chao EYS and Kelly PJ : A Comparison of the Effect of Open Intramedullary Nailing and Compression-Plate Fixation on Fracture-Site Blood Flow and Fracture Union. *J Bone Joint Surg*, 63A:427-442, 1981.
- 53) Rhinelander FW : The Normal Microcirculation of Diaphyseal Cortex and its Response to Fracture. *J Bone Joint Surg*, 50A(4):784-800, 1968.
- 54) Riska EB, von Bonsdorff H and KHakkinen S : Prevention of fat embolism by early internal fixation of fractures in patients with multiple trauma. *Injury*, 8:110-116, 1976.
- 55) Riska EB and Myllynen P : Fat embolism in patients with multiple injuries. *J Trauma*, 22:891-894, 1979.
- 56) Rosenthal RE, MacPhail JA and Ortiz JE : Nonunion in Open Tibial Fractures. *J Bone Joint Surg*, 59A:244-248, 1977.
- 57) Samiento A : A functional below the Knee Cast for Tibial Fractures. *J Bone Joint Surg*, 49A:855-875, 1967.
- 58) Samiento A and Latta LL : Functional Bracing in management of tibial fractures. Symposium on the leg and its sequelae. The American Academy of Orthopaedic Surgeons:278-298, Moaby Co, 1981.
- 59) Santoro V, Henley M and Benirschke S : Prospective comparison 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.
- 60) Strumer K : Measurement of Intermedullary Pressure in an Animal Experiment and Propositions to Reduce the Pressure Increase. *Injury:AO/ASIF Scientific Supplement*, 24(3):s7-s21, 1993.
- 61) Teitz CC, Carter DR and Frankel VH : Problems associated with Tibial Fractures with intact Fibula. *J Bone Joint Surg*, 62A:770, 1980.
- 62) Tornetta P II, Bergman M and Watnik N : Treatment of Grad II-b open tibial fractures: A prospective randomized comparison of external fixation and non-reamed locked nailing. *J Bone Joint Surg*, 7B:13-19, 1994.
- 63) Trueta J and Cavadias AX : Vascular changes caused by the Kuntzsch type of nailing & experimental study in the rabbit. *J Bone Joint Surg*, 37:13, 492, 1995.
- 64) Weston Jones R : Fractures and Joint injuries. 4th Ed. Vol 2:348, 1959.
- 65) Weissman SL, Herold HZ and Engelberg M : Fracture of the Middle two thirds of the Tibial Shaft. *J Bone Joint Surg*, 48A:257-267, 1966.
- 66) Zimbrunner JL and Brindley HH : Nonunion of the Shafts of the long bones. *JAMA*, 203:637, 1968.