

경골 간부 골절에서의 비확공성 골수강내 금속정술의 적용

순천향대학교 의과대학 정형외과학교실

권 회 · 민경대 · 박종석 · 권재욱 · 나수균 · 최창욱

— Abstract —

Application of Unreamed Interlocking Nailing for Tibial Shaft Fractures

Hee Kwon, M.D., Kyoung-Dae Min, M.D., Jong-Suk Park, M.D.,
Jae-Uk Kwon, M.D., Soo-Kyoon Rah, M.D., Chang-Uk Choi, M.D

*Department of Orthopaedic Surgery, Soonchunhyang Chun-An Hospital, College of Medicine,
Soonchunhyang University, Seoul, Korea*

Intramedullary nails may be divided into two categories: unreamed and reamed. reaming effectively lengthens the isthmus of the tibia and thereby extends the number of fractures amenable to this technique, but other studies showed that union impairment and infection rates were relatively high because of reaming destroyed the endosteal blood supply, especially open fractures. Unreamed interlocking nails in open fractures offer the advantage of less damage to the intramedullary blood supply. Also lower infection rates have been reported in open fracture when compared with reamed nails.

We analysed 22 cases of tibial shaft fractures managed with interlocking nailing without reaming and experienced treatment of complications since September 1992. Average follow-up period was 13 months ranged 5 to 17 months and results were as follows:

1) We used an unreamed interlocking nails for tibial open fractures, 14 cases(Gustilo-Anderson type: I . 3 cases, II . 5 cases, III a 4 cases, III b. 2 cases)and closed fractures associated with combined injuries, 8 cases.

2) Union occurred an average of 5.2 months postoperatively with a range from three to 14 months.

3) The complications were 2 cases of superficial infection and 5 cases of nonunion(3 cases among the 8 cases of closed fracture and 2 cases among the 14 cases of open fracture.

4) The treatment of nonunion was successful with bone graft, additional screw fixation and reinsertion of reamed nail.

※ 통신저자 : 민 경 대
서울특별시 용산구 한남동 657
순천향대학교 의과대학 정형외과학교실

5) We concluded that unreamed interlocking nailing was useful method to treat the open tibial shaft fractures in the selected cases, but undesirable to treat closed tibial shaft fractures because considered less mechanical stability.

Key Words : Tibial shaft fractures, Unreamed interlocking nailing

서 론

경골은 그 해부학적 특성상 외상에 노출되기 쉬우면서 전면에 근육과 연부조직이 빈약하여 개방성 골절의 빈도가 높아 술후 감염, 불유합등의 합병증이 문제가 되어 왔다. 경골 골절의 수술적 치료에 있어 골수강내 고정술은 크게 골수강내 확공과 비확공의 범주로 나눌 수 있으며, 확공술은 1980년에 미국의 텍사스에서 경골 골절부에 골수강내 확공 후 금속정을 삽입하여 여러 형태의 경골 골절을 치료한 이후 적용증을 넓혀가며 널리 이용되는 수술법이 되었으나⁴⁾ 개방성 골절에서는 높은 감염율 등의 확공에 따른 단점이 알려지면서 사용에 제한을 받게 되었다.

골수강내 확공을 통해 경골의 짧은 협부를 연장, 금속정과 골의 접촉면을 넓게 하고 금속정의 삽입과 맞물림 나사의 고정을 통해 견고한 내고정을 얻을 수 있으나 확공에 따른 골피질의 내측 2/3의 혈액 순환에 관계하는 골수강내 혈관계의 파괴로 골절 유합의 장애와 감염의 발생이 문제되어 최근에는 임상적으로 개방성 골절의 유형에 따라 골수강내 확공을 하지 않음으로써 골수강내 혈류의 차단을 줄이고 골수강내 금속정과 맞물림 나사를 통해 비교적 견고한 고정을 얻는 방법이 소개되면서 그 임상적 경험들이 보고되고 있다.

이에 본 교실에서는 1992년 9월 이후 확공을 하지 않고 골수강내 금속정 고정 및 맞물림 나사못으로 치료한 경골골절 23례중 추시 분석이 가능했던 22례를 대상으로 평균 13개월 이상 추시하여 얻은 결과와 합병증 및 이의 치료 사례에 대해 문헌 고찰과 함께 보고하는 바이다.

대상 및 방법

1992년 9월부터 1994년 5월까지 본 순천향 대학교 천안 병원 정형외과 교실에서 경험한 경골 골절중 Unreamed interlocking nail을 사용한 23례를 분석하여 그중 추시가 가능했던 22례를 대상으로

하였다. 추시 기간은 5개월에서 17개월(평균 12.5개월)로 남자가 19례, 여자가 3례였고 연령은 16세에서 72세까지 평균 43.5세였다(Table 1.)

손상의 원인은 보행자 사고가 7례(Table 2.)로 가장 많았고, 다음으로 운전자 사고(6례), 오토바이 사고(4례), 자전거 사고(2례), 그리고 기계에 의한 손상, 스포츠 손상, 들에 의한 직접 외상등이 각각 1례, 다발성 외상이 동반된 경우가 17례였으며, 동반 손상은 골절 부위와의 연부 조직 손상이 가장 많았고 동반 골절 부위는 동측 비골 골절, 반대측 대퇴골 골절, 족관절 골절, 반대측 경부 골절 순이었다. 발생 부위는 근위 간부가 3례, 중간 간부가 14례, 원위 간부가 5례로서, 중간 간부가 가장 많다.

개방성 골절이 14례로 Gustilo-Anderson type

Table 1. Age & Sex distribution

Age	Male	Female	Sum
10-20	0	1	1
21-30	6	1	7
31-40	3	0	3
41-50	3	0	3
51-60	3	1	4
61-70	3	0	3
71-80	1	0	1
Sum	19	3	22

Table 2. Causes of injuries

Causes	No.
Traffic Accidents	19
Pedestrian	7
Passenger	6
Motorcycle	4
Bicycle	2
Machinery injury	1
Direct blow	1
Sports injury	1

I. 3례, type II. 5례, type III a. 4례, type III b. 2례였고 비개방성 골절 8례중 7례에서 동반 손상이 있었다. 골절 형태는 횡골절이 5례, 사선상 골절이 4례, 분쇄상 골절이 11례 그리고 분절 골절이 2례였다(Table 3.)

Table 3. Type of tibial fracture

Types	Open Fx.(14)	Closed Fx. (8)
Transverse	3	2
Comminuted	7	4
Oblique	3	1
Segmental	1	1

수술시기는 개방성 골절의 경우 수상 당일 응급으로 시행한 경우가 7례, 변연부 절제술 후 1주내 시행한 경우가 4례였으며, 수상 3주후 창상과 동반손상이 안정된 다음에 시행한 경우가 3례였다. 비개방성 골절은 수상 후 2일에서 10일까지(평균 6.4)중에 시행하였다.

수술방법은 양와위에서 근위 대퇴부 지혈대를 착용하고 pa tellar tendon splitting approach를 통해 폐쇄적으로 골수강내 금속정 고정술을 시행하였다. 금속정은 모두 AO unreamed interlocking nail system을 이용하였고 image intensifier하에서 골수강내 협부의 직경이 11mm이하서는 8mm직경을, 12mm이상 시는 9mm직경의 금속정을 확공없이 삽입하였다. 분절 골절, 분쇄 골절등의 불안정한 골절뿐 아니라 골절선이 경골 협부의 근위나 원위에 비교적 멀리 있는 경우에도 근위부와 원위부에 모두 정적 맞물림 고정을 하였다.

술후 처치로 장하지 석고 부목 고정을 2주, 장하지 석고 고정을 3-8주(평균 5주)하면서 하지 거상운동과 대퇴 사두근 등장성 운동을 시킨 후, PTB석고 또는 보조기를 착용하여 슬관절 운동 및 부분 체중 부하를 시작하는 것을 원칙으로 하였으나 근육이나 인대등의 심한 연부 조직 손상의 처치가 필요한 경우는 창상이 안정될 때까지 장하지 석고 부목으로 유지한 후 석고 고정 또는 보조기를 하였다.

결과 및 합병증

골유합의 기준은 경골 전후면 및 측면 방사선 사진에서 연결 가골(bridge callus)이 보이고 체중 부하지 골절 부위에 동통이 없을 때로 하였고 골유합 기간은 3개월에서 14개월까지 평균 5.2개월이었다. 합병증으로는 2례의 개방성 골절과 3례의 비개방성 골절에서 불유합이 발생하여 23%의 불유합율을 보였고 2례에서 감염이 발생하였는데 모두 표재성이었다. 불유합 5례중 1례는 금속정을 제거하고 확공한 후 더 넓은 금속정을 삽입하였고 나사못이 부러지거나 느슨해 지면서 섬유성 불유합을 보인 3례에서는 골 이식과 함께 나사못을 부가적으로 추가 삽입하였다. 나머지 1례는 고식적인 자가골 이식만으로 치료하였는데 모두 술후 4개월내에 골유합을 얻었다.

2례의 감염은 모두 표재성으로 적절한 항생제로 치료되었다. 부정 유합이나 심각한 각변형은 없었다.

증례 보고

증례 1

59세 여자가 자전거를 타고 가다 승용차와 부딪히면서 발생한 우측 경비골 간부 비개방성 골절과 족배부 연부조직 손상으로 내원하였다. 수상 당일 연부조직 수술과 함께 금속정을 삽입하였다. 술후 2개월간 장하지 석고 부목 고정으로 창상 처치후 PTB 보조기를 착용하고 슬관절 운동과 부분적 체중 부하를 하였다.

8개월 추시 방사선 소견상 근위 나사못이 부러지고 골간 연결 가골이 보이지 않았다. 골이식 후 2개의 부러진 나사못을 제거하고 4개의 나사못으로 고정하여 4개월째 골유합을 얻었다.

증례 2

25세 남자로 승합차 타고 가다 트럭과 충돌하면서 발생한 좌측 경비골 간부 비개방성 골절과 고관절 후방 탈구로 내원하여 대퇴골 원위부에 Steinmann pin을 이용하여 골결인 하면서 10일째 수술 시행하였다. 8개월 추시 방사선 소견상 전형적인 Hypervascular type의 Nonunion소견보여 확공후 더

Fig. 1-A. A 59 years old female with fracture of tibial shaft by traffic accident.

B. Postop. x-ray after unreamed interlocking nailing.

C. Postop. 8 months radiograph showing not radiological union.

D. Postop. 12 months radiograph showing complete radiological union after AIBG and additional screw fixation.

넓은 14mm 직경의 금속정을 삽입하였다. 7개월 후 시 방사선 사진상 골유합을 보였다.

고 찰

경골의 골절은 다른 장관골 골절에 비해 그 해부학적 특성, 즉 전면의 연부조직이 빈약하고 고 에너지 손상으로 개방성 골절의 빈도가 높아 치료에도 많은 불리한 면을 갖고 있다. 중증의 경골 개방성 골절의 치료에 있어 충분한 창상세척, 반복적인 변연부 절제술, 즉각적인 항생제 투여, 골절부의 안정화 및 조기에 연부조직을 덮어 주는 초기 처치의 중요성과 함께 감염, 불유합등의 합병증을 최소화하기

위한 내고정 방법의 선택이 골유합과 예후 결정에 중요한 관건이라 할 수 있다. 개방성 골절의 양상에 따라 그 적응증은 다르나 결국 골유합의 측면에서 기계적 안정성(mechanical stability)과 함께 연부조직과 골의 혈류 공급을 보장해주는 생물학적 잇점(biological advantage)을 최대한 만족시킬 수 있는 방법의 선택이 중요하다 하겠다.

현재까지 널리 이용되어온 골수강내 고정술에 있어 최근까지는 확공을 통해 골수강내 접촉면적을 넓혀 기계적 안정성은 높일 수 있었다. 그러나 확공함으로써 골수강내 혈행을 차단하는 단점이 있는 것으로 알려졌는데, Pratt등¹⁹⁾은 확공에 따른 수술시간의 연장, 출혈량의 증가, 골편의 분쇄, 열 손상 등

Fig. 2-A. A 25 years old male with fracture of tibial shaft by traffic accident.

B. Postop. x-ray after unreamed interlocking nailing.

C. Postop. 8 months radiograph showing hypervascular type nonunion.

D. Postop. 15 months radiograph showing radiological union after exchanging for reamed nail.

의 문제점을 지적하였고, Klein등¹¹⁾은 개의 경골을 이용한 실험적 연구에서 확공 후 금속정 삽입시 골 피질 혈류의 70%가 파괴되고 확공하지 않고 금속정 삽입시 피질골 내부 1/3(평균 31%)만이 파괴된다는 결과를 발표하였다. 이는 특히 골막이 벗겨져서 외측 피질의 혈액공급이 손상받은 개방성 골절의 치료에 특히 중요한 의의를 갖는다 하겠다. 강성 골수강내 금속정이 내재부목(Internal splint)의 역할을 함으로써²⁾ 기계적 안정성을 얻을 수 있었으나 해부학적으로⁷⁾ 피질골의 중요한 혈관계가 원심성(centrifugal), 즉 수질에서 골막으로의 혈행성을 갖기 때문에 어느 정도의 골수강내 혈류 차단을 예상할 수 있다. Rhinelander²⁰⁾는 골수강내 금속정이 피질

골에 직접 접촉할 때만 일시적으로 혈류에 장애를 준다고 보고하였는데 이는 확공을 하지 않고 금속정을 삽입할 경우 피질골과의 직접 접촉을 피할 수 있어 생물학적 잇점을 높일 수 있다고 생각된다. .

경골 개방성 골절의 치료에서 가장 문제되는 합병증은 감염인데 Whittle(1992)등⁶⁾은 확공후 금속정 삽입으로 13.6%의 감염율을, Smith²⁴⁾는 33%의 감염율을 보고하였다. 이는 Lottes¹³⁾가 보고한 비확공에 의한 골수강내 고정술에서의 8.3%, Vela-zoo(1983)등²⁶⁾의 6%의 감염율에 비해 확공이 감염율과 연관이 있음을 보여준다, (Table 4).

우리의 경험상 2례의 술후 감염은 표재성이었고 적절한 항생제의 투여로 쉽게 치유되었다. Grade

Table 4. Results reported for intramedullary nailing in tibial fracture

Author	Grade III/Total	Reamed	Infection(%)
Hamza(1971)	6/22	yes	13.6
Kellam(1989)	12/22	yes	8.3
MacKenzie(1990)	36/99	yes	22
Velazoo(1983)	32/50	no	6
Wiss(1986)	6/56	no	6.7
Whittle(1991)	30/50	no	10
S.C.H.(1994)	9/14	no	9

Ⅲb의 창상 치치는 이차 봉합과 피판술로 합병증 없이 치유되었는데 개방성 경골 골절 치료에 있어서 비확공성 골수강내 고정술은 외고정 기구를 사용시 2차 수술로 내고정술을 시행해야 하는 단점을 배제하여 1차 수술만으로 치료를 끝낼수 있으며 연부조직에 대한 2차 처치시 외고정 기구로 인한 처치상 불편을 피할 수 있는 장점이 있다고 생각된다.

Paul Tornetta Ⅲ (1994) 등¹⁷⁾은 Grade Ⅲb의 경골 개방성 골절에서의 외고정 기구(14례)와 비확공성 골수강내 고정술(15례)을 전향적 연구 비교를 하여 나사못으로 고정하는 비확공성 금속정 고정술의 결과가 우수함을 보고하면서 연부조직의 재건과 골절부의 안정화의 중요성을 강조하였다. 그들은 연부조직을 조기에 덮어주는 것이 감염을 줄이고 골조직에 혈류를 증진시키며 또한 적절한 안정화가 감염을 막고 유합에 중요하다고 지적하였다. Fisher (1991) 등¹⁸⁾의 보고에서는 조기에(2주내) 연부조직을 덮었을때 11례중 2례만 감염되었으나 늦게 덮어준 13례중에는 9례에서 감염이 생겼었고 Rhinlender²⁰⁾은 연부조직이 일시적이지만 골절 치유를 위한 골의 혈류공급(Extrasosseous blood supply)에 필수적이라고 하였다.

본 저자의 증례에서 본 바와 같이 근위 및 원위 맞물림 나사못이 이완되면서 섬유성 불유합이 발생하였는데, Rand 등¹⁰⁾은 개를 이용한 실험의 결론 중 골수강내 고정이 느슨할때 골내 가골형성이 억제되어 유합이 지연된다고 하였고 Whittle 등⁹⁾의 경골 골절 50례의 비확공성 골수강내 금속정 삽입술의 경험에서는 10%에서 맞물림 나사못이 부러졌고 6%에서 금속정이 부러졌다고 보고하였다. 본 레에서는 술후 각각 8개월과 9개월째 골이식과 함께 부러진 나사못을 제거하고 재삽입하여 각각 4개월, 3개월만에 완

전한 골유합을 얻을 수 있었다. Bucholz 등¹⁰⁾은 대퇴골에서의 생역학적 연구에서 근위 또는 원위 나사못이 골절부 5cm 이내에 위치하면 골수강내 금속정에 과도한 stress가 걸려 피로 파손(fatigue failure)이 초래된다고 하였는데 증례에서의 경우는 이 범주에 해당하지 않으나 본증례에서 발생한 불유합은 골수강내에 제한된 작은 직경의 금속정을 사용하였고 맞물림 나사못의 견고한 고정이 이루어지지 못하여 맞물림 나사못의 이완이나 파손으로 견고한 내고정을 유지하지 못한 것이 큰 원인으로 보이며 추시중 적절한 시기에 Dynamization도 고려되어야 한다고 생각된다. 일반적으로 개방성 골절에서 지연유합이나 불유합율이 높는데 상대적으로 비개방성 골절에서 높은 불유합율을 보인것은 증례가 적어 통계적인 가치는 없어 보이며 3례의 불유합례 중 1례는 분절 골절이었고 다른 2례들은 다른 부위의 심한 연부 조직 손상과 신경외과적 손상을 동반한 경우로 수술 시간의 단축과 보행가능기간을 고려하여 비확공성 내고정술을 시행한 경우였고 모두 내고정물의 실패가 있었다. 골감염보다 견고한 기계적 안정성이 골유합의 주요한 요소가 되는 비개방성 골절의 치료에서는 금속판 고정이나 확공성 골수강내 고정술등이 더 바람직한 방법이라 생각되며 작은 직경의 금속정을 사용하는 비확공성 골수강내 금속정 삽입술에서는 맞물림 나사못의 삽입으로 경골의 길이를 유지하고 각변형과 회전변형을 막을 수 있어 어느 정도의 기계적 안정성을 보장 받을 수 있으나 고정이 견고하지 못하므로 지연유합이나 불유합을 초래할 수 있어 술후 충분한 고정이 필요할 것으로 사료된다.

결 론

1992년 9월부터 1994년 5월까지 본 순천향 대학교 천안병원 정형외과학교실에서 Unreamed Interlocking Nail을 사용하여 치료한 경골 간부 골절 22례를 최소 5개월에서 최대 17개월(평균 13개월)까지 추시 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 22례중 17례에서 합병증 없이 양호한 골유합을 얻었으며 평균 유합 기간은 5.2개월이었다. 2. 22례중 5례에서 불유합이 발생하여 23%의 높은 불유합율을 보였다. 특히 비개방성 골절 8례중 3례에서

불유합이 발생하여 이는 기계적 안정성의 부족에서 기인한 것으로 보이며 불유합 해는 골이식과 부가적 나사못 삽입 그리고 더 작은 직경의 금속정을 확공후 삽입하여 모두 불유합을 얻었다.

3. 개방성 골절에 있어 비확공성 골수강내 고정술은 연부 조직의 처치에 유리했고 2례의 표재성감염이 있었으나 항생제 요법으로 쉽게 치유되었다. 확공하지 않음으로써 빠른 수술 시간과 감염의 위험을 줄여 양호한 결과를 보여주는 것으로 생각된다.

4. 이차적인 연부조직의 처치를 요하는 개방성 경골 골절에서 비 확공성 골수강내 고정술은 매우 유용한 방법으로 사료되나 비개방성 골절에서는 높은 불유합율을 보여 부적합한 방법이라 생각되며 기계적 안정성을 보다 높일 수 있는 금속판 고정이나 확공후 금속정 내고정술의 사용이 바람직하다고 사료된다.

REFERENCES

- 1) 김성근, 서승우, 김형석 : 골수강내 고정술을 이용한 경골 간부 골절의 치료. *대한 골절 학회지*; 7:431-437, 1994
- 2) 유재원, 신동민, 표영배 : Unreamed Intramedullary Interlocking Nailing으로 치료한 경골간부 골절. *대한 골절 학회지*; 5:282-288, 1992.
- 3) 정필현, 유문집, 강석, 차웅남, 김웅민, 김종원, 오형호 : 골수강 확공을 하지 않는 골수강내 금속정 고정술을 이용한 경골 간부 골절의 치료. *대한 정형외과학회지*; 28:1725-1735, 1993
- 4) A Paige Whittle, Thomas A Russell : Treatment of open Fracture of the Tibial shaft with the use of Interlocking nailing without Reaming. *J Bone Joint Surg*, 74-A : 1162-1171, 1992
- 5) Bucholz RW, Ross, SE, Lawrence KL : Fatigue fractures of the interlocking nail in the treatment of fractures of the distal part of the femoral shaft. *J. Bone Joint Surg*, 69-A:13912-1399, 1987
- 6) Fisher MD, Gustilo RB, Varecka TF : The timing of flap coverage, bone grafting and intramedullary nailing in patients who have a fracture of the tibial shaft with extensive soft tissue injury. *J. Bone Joint Surg*, 73-A : 1316-1322, 1991
- 7) Frederic W. Rhinelander : Tibial Blood supply in relation to Fracture healing *Clin. Orthop*, 105:34-81, 1974
- 8) Hamza KN, Dunkeryley GE, Murray CM : Fractures of tibia a report on fifty patients treated by intramedullary nailing *J. Bone Joint Surg*, 53:696-700, 1971
- 9) Henley MB: Intramedullary devices for tibial fractures stabilization. *Clin. Orthop*, 240:87-96, 1989
- 10) James A. Rand, Kai Nam An, Edmond Y.S. Chao, Patrick J Kelly : A comparison of the Effect of open intramedullary nailing and compression plate fixation on fracture site blood and fracture union *J. Bone Joint Surg*, 63-A; 427-441, 1981
- 11) Klein MPM Rahn BB Frigg R Kessler S and Perren S.M, Reaming versus non-reaming in medullary Nailing : Interference with Cortical Circulation of the Canine Tibia. *Arch. ortho. and Trauma. surg*, 109:314-316, 1990
- 12) Lawrence B Bone, Kenneth D Johnson : Treatment of tibial Fracture by Reaming and Intramedullary nailing, *J bone Joint Surg*, 68-A:877-886, 1986
- 13) Lottes, JO : Medullary nailing of the tibia with the triflange nail. *Clin. Orthop*, 105-253-266, 1974
- 14) M Bradford Henley : Intramedullary devices of tibial stabilization *Clin. Orthop*, 240:87-96, 1986
- 15) Olerud S and karlstom G : The spectrum of Intramedullary Nailing of the Tibia. *Clin. Orthop*, 212:101-112, 1986
- 16) Patzakis MJ, Wilkins J Moore TM : considerations in reducing the infection rate in open tibial fractures. *Clin. Orthop*, 178:36-41, 1983
- 17) Paul Tornetta II, Marc Bergnon, Neil Watnik, Gregg Berkowitz, Jeffrey Steur : Treatment of Grade- III b open tibial fractures-A Prospective Surg, 76-B : 13-19, 1994
- 18) Pratt, DJ Paspagiannopoulos. G, Rees. PH. and Quinnet, R : The effects of Medullary Reaming on the Torsional strength of Femur. *Injury*, 18:177-179, 1987
- 19) Ramon B Gustilo, Robert L, Merkow, David Templeman : Current concepts Review. The Management of Open Fractures *J Bone Joint Surg*, 72-A:299-303, 1990
- 20) Rhinelander FW : Tibial blood supply in relation to fracture healing. *Clin. orthop*, 105:34-81, 1974
- 21) Richard Hammer, Paul Edhlm, Bernt Lindholm : Stability of union After tibial shaft Fractures, *J Bone Joint Surg*, 66-B : 529-534, 1984
- 22) Roy Sanders, Marc Swiontkowski, James Nunley, Phillip Spiegel : The management of Fracture with soft-tissue disruption. *J Bone Joint*

Surg, 75-A:778-789, 1993

- 23) **Samuel S Blick, Robert J Brumback, Ronald Lakatos, Atilla Poka Andrew r burgess** : Early Prophylactic bone grafting of High energy Tibial Fractures *Clin. Orthop*, 240:21-38, 1989
- 24) **Smith, JEM** : Results of early and delayed internal fixation for tibial shaft fractures. A review of 470 fractures. *J Bone Toint Surg*, 56-B(3); 469-477, 1974
- 25) **Tarr RR and Wiss DA** : The Mechanism and Biology of Intramedullary Fracture Fixation. *Clin. Orthop*, 212:10-17, 1986
- 26) **Velazco A : Whitesides TE, Jr : and Fleming. LL** : Open fractures of the Tibia treated wtih the Lottes nail, *J. Bone and Joint Surg*, 65-A:879-885, Sept. 1983.