

성인 대퇴골 골절의 교합성 골수강내 금속정 고정술시 문제점 및 합병증

조선대학교 의과대학 정형외과학교실

표영배 · 이상홍 · 전용현

— Abstract —

Problems and Complications after Interlocking Intramedullary Nailing for Femoral Fracture

Young Bae Pyo, M.D., Sang Hong Lee, M.D., Young Hyun Jeon, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, College of medicine, Chosun University, Kwang Ju, Korea

Interlocking nailing is the best method available in treatment of femoral shaft fracture due to its many advantages compared with other method. However, we have encountered many problems during the operative procedure and postoperative periods due to technical complexities. After we have evaluated problems during and after the procedure of interlocking nailing for the femoral fractures in 56 cases, we suggest the means to avoid these errors and complications.

1. Among the 54 patients, 39 complications and technical errors have been reported in 19 patients.
2. Intraoperative complications and technical errors were encountered in ; 9 cases of improper portal of entry, 3 cases of new fragmentation, 3 cases of angulation, 2 cases of new fracture line, 2 cases of failure of distal locking screw insertion, 2 cases of distraction of fracture site, 1 case of proximal protrusion of nail and 1 case of rotation of nail.
3. Postoperative complications were encountered ; 6 cases of delayed union, 2 cases of nonunion, 2 cases of limb shortening, 2 cases of deep infection, 2 cases of loosening of distal locking screw, 1 case of breakage of distal locking screw and 1 case of failure of nail.

Key Words : Femoral fracture, Interlocking intramedullary nailing, Problems & Complications.

※ 통신저자 : 표 영 배

광주광역시 동구 서석동 588

조선대학교 의과대학 정형외과학교실

※ 본 논문의 요지는 1995년 4월 제21차 골절학술대회에서 구연한 내용임.

서론

골수강내 금속정 고정술이 소개된 후로 나사못 및 물림 고정술의 도입으로 장관골, 특히 대퇴골 골절에 대한 치료의 적응증이 넓어지고 있고, 많이 이용되고 있지만 술전 준비 부족, 술중 수기상의 사소한 오류, 부적절한 술후 처치에 의해 많은 합병증이 관찰되고 있고 이에 따른 문제점들이 제시되고 있다.

저자들은 근래 약 3년 6개월간 교합성 골수강내 금속정 고정술로 치료한 대퇴골 골절 환자에서 발생한 수기상의 과오, 사용기기의 문제점 및 합병증 등을 분석하여 예방 및 치료의 방법을 살펴 보고자 한다.

연구대상 및 방법

1991년 1월부터 1994년 6월까지 대퇴골 골절 환자중 교합성 골수강내 금속정 고정술을 시행하고 평균 1년이상 추시가 가능하였던 54명 56례를 대상으로 하였으며 최소 1개월마다 방사선 사진 검사와 직접 면담을 실시하였다.

연령 및 성별분포를 보면 총 54명 56례중 남자가 여자보다 많아 42례를 차지하였고, 연령분포는 17세에서 68세로 평균 연령은 38.5세였고 20대가 17명, 30대가 15명으로 활동기의 청장년에서 호발하였다.

골절의 원인은 교통사고가 42례로 가장 많았고, 54명중 38명에서 동반손상이 있었는데 경골 골절이 10례로 가장 많았다.

결과

1. 골절 부위 및 양상

골절 부위는 중 1/3이 37례로 가장 많았고, 골절 양상은 분쇄골절이 37례로 가장 많았으며, 분쇄정도에 의한 Winquist-Hansen²⁰⁾ 분류법에 의하면 제3형 분쇄골절이 14례로 제일 많았다(Table 1).

개방성 골절은 7례로 Gustilo-Anderson⁹⁾ 분류상 제 I 형이 3례, 제 II 형이 3례, 제 IIIa형 1례 이었다.

2. 수술시기 및 방법

수상 1주 이내에 수술한 경우가 29례로 가장 많았고, 2주 이내가 18례, 동반손상과 내과적 문제 및 개방성 골절로 인해 2주 이상 지연된 경우가 9례 이었다.

술전 금속정의 굵기와 길이의 선택을 위해 건축 대퇴골의 단순 방사선 사진을 찍어 측정하였으며, 술전 골견인을 시행하는 것을 원칙으로 하였다.

수술은 골절대에 환자를 앙와위로 체간을 측굴곡시킨 위치에서 영상 증폭 장치 감시하에서 시행하였는데, 원위부 나사못 고정은 free-hand technique으로 하였다.

사용한 골수강 금속정의 종류는 Grosse-Kempf정이 41례, AIM정이 13례, Variwell reconstruction정이 2례 이었다.

시행 초기에는 횡골절이나 짧은 사선 골절의 경우와 Winquist-Hansen 제1형 및 제2형의 분쇄골절에 대해서는 동적고정술, 긴사선 골절이나 나선형 골절 및 Winquist-Hansen 제3형이상의 분쇄골절에 대해서는 정적 고정술을 하였으나 근래에는 Winquist-Hansen 제2형 분쇄골절에서도 동적고정술을 시행하고 있다(Table 2).

비관혈적 정복에 실패한 5례에서 제한적인 개방적 정복을 시행하였고, 개방성 골절에 대해서는 수상직후 충분한 변연 절제술 및 창상 세척을 한뒤 수상일로 부터 10-14일 이후에 수술을 시행하였다.

3. 수술후 처치

수술후 약 2주부터 점진적인 능동적 관절운동을 시작하였으며 술후 체중부하는 분쇄가 심하지 않은

Table 1. Classification of fracture(by Winquist-Hansen)

Type	No. of cases
Transverse or short oblique	10
Spiral or long oblique	7
Segmental	2
Comminuted	37
Type I	6
Type II	13
Type III	14
Type IV	4

골절은 가골 형성과 골절부 경화가 예상되는 6-8주 경에 허용하였으나, 심한 분쇄골절은 방사선 소견상 가골의 형성이 보일때까지 체중부하를 지연시키는 것을 원칙으로 하였다.

동적고정으로의 전환(dynamization)은 평균 10-12주에 시행하는 것을 원칙으로 하였으며, 정적고정을 실시한 36례중 13례에서 시행하였다.

4. 수기상의 오류 및 합병증

시행초기의 개념 부족과 수기상의 미숙 및 파오, 술전 준비 부족 및 사용기기의 문제등으로 54명 56례의 대퇴골 골절에 대해 교합성 골수강내 금속정 고정술 시행후 19명의 환자에서 39례의 합병증 및 수기상의 오류가 발생하였는데 이는 수술중 합병증 및 수기상의 오류와 수술후 합병증으로 나누어서 생각할 수 있다(Table 3).

수기상의 파오로는

첫째 삽입구 선정이 부정확한 경우로 술후 방사선 사진상 전외측 4례, 외측 2례, 전방 2례, 내측으로 치우친 경우가 1례 었다.

둘째 골수강내에서 유도핀이 편심적으로 위치한 상태에서 금속정을 삽입한 경우로 술후 방사선 사진으로는 확인할 수 없으나 많은 예에서 유도핀이 중앙에서 치우쳐 위치한 것으로 추정되었다.

셋째 원위 나사못 고정을 위해 free hand technique으로 나사못 구멍을 천공할 때, 편심적으로 천공된 경우로 2례에서 원위부 나사못 고정에 실패하였다.

넷째 금속정의 삽입과정 중 금속정이 회전하면서 삽입된 경우로 1례에서 금속정 회전이 발생하였다.

수술중 합병증으로는 새로운 골절이 2례, 새로운 골편 형성이 3례 있었고 각 형성 변형이 3례, 5mm 이상의 골절부 신연이 2례, 삽입구 근위부에 금속정의 돌출이 1례 발생하였다.

술후 합병증으로는 6례에서 지연유합이 발생하였으며 이중 1례에서 정적고정에서 동적 고정으로 전환하여 치료하던중 과혈성 불유합과 함께 약 2cm의 하지단축이 초래되었고(Fig. 1), 1례는 정적 고정에 실패하고 동적 고정을 시행한 분쇄골절에서 하지 단축이 발생하였으며(Fig. 2), 심부 감염 및 원위부 나사못 이완이 각각 2례, 원위부 나사못 파손 및 금속정 파손이 각각 1례에서 발생하였다.

Table 2. Mode of fixation according to the type

Mode of fixation	Type	No. of Cases
Dynamic	Transverse or short oblique	10
	Comminuted	10
	Type I	6
	Type II	4
Static	Spiral or long oblique	7
	Segmental	2
	Comminuted	27
	Type II	9
	Type III	14
	Type IV	4

Table 3. Complications and technical errors

Intraoperative Complication and technical errors	No. of cases
Improper portal of entry	9
New Fragmentation	3
Angulation	3
Failure of distal locking screw insertion	2
New fracture line	2
Distraction of fracture site(5mm ↑)	2
Proximal protrusion of nail	1
Rotation of nail	1
Postoperative complications	No. of cases
Delayed union	6
Nonunion	2
Limb shortening	2
Deep infection	2
Distal locking screw loosening	2
Distal locking screw breakage	1
Nail failure	1

고 찰

골수강내 금속정 고정이 교합성 나사못의 도입으로 골절부의 회전과 단축 예방 등 견고한 고정이 이루어질 수 있고 그 적용범위가 확대되었으며 골절부를 폐쇄적으로 고정함으로써 골절 치유의 촉진과 조기 체중부하 허용 등 여러 장점이 있어서 근래에는 교합성 골수강내 금속정 고정술이 장관골 골절 치료

Fig. 1. A. 39 year old woman sustained closed comminuted fracture of the distal shaft of the femur.(Winiquist-Hansen type III)
B. Distraction of the fracture site after static locked nailing.
C. Radiographs made 7 months postoperatively showed hypertrophic nonunion and limb shortening after dynamization at 8 weeks postoperatively.

Fig. 2. A. A 31 year old man sustained a closed comminuted fracture of the mid-shaft of the femur. (Winiquist-Hansen type II)
B. New fracture line of proximal fragment secondary to lateral insertion point. (Dynamic locked nailing)
C. Radiologic made 13 months postoperatively showed protrusion of the nail into the knee joint with limb shortening(2cm).

에 많이 이용되고 있으나^{4,6,10,21)} 개념부족, 수기상의 미숙과 과오 등으로 여러 합병증이 발생할 수 있다^{1,2,4,5)}.

수술전 준비로 금속정의 선택을 위해 건축 대퇴골의 단순 방사선 사진으로 협부의 골수강 직경 및 대

퇴골의 길이를 측정하는데, 모든 방사선 사진은 불가피하게 확대가 되며 이러한 확대는 비만한 사람과 마른 사람 사이에 차이가 있을 수 있고 cassette와 대퇴골 사이의 거리 및 판구와 cassette 사이의 거리에 따라 확대율의 차이가 있다. 저자들의 경우 1

례에서 금속정 길이 선택의 잘못으로 금속정의 근위부 돌출이 초래되어 관절운동 특히 외전제한 및 연부조직 자극으로 인한 동통의 원인이 되었다(Fig. 3). 따라서 저자들은 단순 방사선 사진에서의 측정을 참고로 하여 확공시 골수강내 저항으로 금속정의 직경을 선택하고 있으며, 술전 유도핀의 총길이를 측정하고 수술시 삽입된 유도핀 길이로 금속정의 길이를 선택하고 있다.

불충분한 술전 골건인으로 인한 비관혈적 정복의 실패로 관혈적 정복을 시행하는 경우가 있는데 이러한 경우에는 감염율의 저하, 골막혈관의 보존으로 인한 골유합율 증가 등의 비관혈적 정복술의 장점이 없어지면서 지연유합, 불유합, 심부감염 등의 위험이 따르게 된다^{3,16)}. 저자들의 경우 5례에서 비관혈적 정복의 실패로 제한적인 관혈적 정복을 시행하였으며 이중 1례에서 심부감염 및 지연유합이 초래되었다.

골수강내 금속정 고정에서 중요한 점은 삽입구의

선정인데 부적절한 삽입구 선정시 금속정이 골수강 내에서 편심적으로 위치하게 되며 새로운 골편이나 골절의 발생, 각 형성 변형 등의 초래와 불완전한 정복상태에서 고정이 이루어질 수 있다.

대전자부 근처에는 많은 근육이 부착되어 삽입구의 노출을 위한 외과적 접근때 시야가 제한되며 정확한 삽입구 위치 선정이 어려운 경우가 많아 이중 영상증폭장치로 삽입구 위치의 확인이 필요하며 양와위에서 체간을 측굴곡시키면 하지를 내전시키는 효과가 있어 외과적 접근이 쉽고 유도핀 삽입이 용이하다. 정확한 삽입구 위치는 이상와(pyramiformis fossa) 근처로 알려져 있는데 내측으로 치우치는 경우 대퇴골두의 혈행장애로 무혈성 괴사 초래, 대퇴골 경부 골절의 가능성 및 감염 발생시 용이한 화농성 관절염의 초래 위험성이 있어^{1,7)} 외측으로 대전자부 침부에서 삽입구를 정하는 경우도 있다¹⁰⁾. 그러나 너무 외측으로 치우치는 경우 삽입되는 금속정이 골수강 내측면과 충돌되어 금속정의 외반변형과 새로운 골절선이나 골편 형성의 위험이 따르며^{2,7)}, 결국 골절의 분쇄화로 인해 지연유합 및 불유합의 한 요인이 될 수도 있으며⁴⁾, 삽입구 노출이 어려운 비만 환자에서는 대전자부 침부에서 삽입구 선정도 고려할만한 것으로 사료된다. 저자들의 경우 수술대 폭의 제한으로 체간의 측굴곡 자세 유지가 어려웠고 단일 영상증폭장치를 사용하는 관계로 측면에서의 삽입구가 확인되지 않아 술후 단순 방사선 사진상 8례에서 부정확한 삽입구 선정이 관찰되었는데 전외방으로 치우친 4례에서 새로운 골편, 새로운 골절선, 전방 각형성등이 초래되었고 삽입구가 외측으로 치우친 2례에서 새로운 골편 형성 및 1례의 전방 각형성, 골조송증이 있는 노인 환자 2례에서 삽입구가 내측으로 치우쳐서 대퇴골 경부 골절이 초래되었다.

유도핀의 위치가 편심적으로 위치하는 경우 확공기와 금속정이 편심적으로 치우치는 결과를 초래하여 새로운 골절선이나 골편 발생과 각형성 변형의 원인이 될 수 있는데 부정확한 삽입구 선정과도 관련이 있을 수 있으며 이는 수술중 영상 증폭장치로 유도핀의 위치 확인이 필요하리라 사료된다.

Free hand technique으로 원위 나사못 삽입을 위해 천공을 시행할 때 원위 골간단부의 피질골은 편평하지 않고 볼록하므로 천공기가 미끌리면서 천공이 되거나 영상증폭장치가 정확한 위치에 있지 않

Fig. 3. Proximal nail protrusion.

은 경우 편심적인 천공이 발생할 수 있는데 이 경우 나사못 삽입이 어려우며, 금속정과 나사못 사이의 마찰로 나사산(thread)이 마모되어 반대편 피질골에 견고한 고정이 이루어지지 않아 추후 나사못의 이완이 발생할 수 있고 강압적으로 삽입시 각형성 변형의 원인이 될 수도 있다. 저자들의 경우 원위부 나사못 삽입의 실패와 나사못 이완을 각가가 2례에서 경험하였다.

다른 수기상의 파오로 금속정이 회전되어 삽입되는 경우가 있는데 이는 원위부 나사못 고정시 대퇴사두근의 손상으로 슬관절의 운동제한이 초래될 수 있으며, 1례에서 45도 정도의 금속정 회전이 발생하였다.

사용기구의 문제점으로는 첫째 금속정 길이와 원위 나사못 길이 선택의 제한이 있을 수 있는데 금속정의 길이가 20mm 간격으로 제작되어 대퇴골 원위부 골절시 금속정의 길이 선택의 제한이 있었고 금속정

이 슬관절 가까이 원위부까지 삽입된 경우 긴 원위 나사못의 사용이 제한되었다. 저자들의 경우 3례에서 충분한 길이의 원위부 나사못이 없어서 Knowles 핀이나 해면질 나사못을 이용하여 고정하였다. 두번째로 guide sleeve내에서 측심기(depth gauge)를 사용할때 sleeve 내경과 측심기 외경의 크기가 일치하여 전혀 여유가 없어서 측심기와 끝이 반대편 피질골에 걸리지 않는 어려움이 있었다. 세번째로 awl의 손잡이가 환자의 체간 외측에 위치하는 제한 때문에 awl의 끝이 사선 방향인 내측 소전자 부쪽으로 향하므로 유도핀 삽입의 진행에 어려움이 있었다.

수술중 합병증으로는 새로운 골편형성이 불완전 나비형 골편에서 3례 발생하였으며, 새로운 골절 발생은 골조충증이 있는 노인 환자에서 1례, 삽입구가 전외방으로 치우쳐 삽입구 외측에서 1례의 종상골절이 발생하였다(Fig. 4).

Fig. 4. New fracture line secondary to the anterolateral insertion point. (Inlet error)

Fig. 5. Valgus angular deformity secondary to the eccentricity of the guide pin and new fragmentation.

술중 각 변형은 3례에서 발생하였는데 이는 골간부 골절보다는 근위 또는 원위 골간단부 골절에서 발생하였으며 대퇴골 근위부 골절 2례에서는 삼입구가 각각 전방과 전외방에 치우쳐서 10도 정도의 전방 각형성 변형이 초래되었고, 대퇴골 원위부 골절 1례에서는 골절부 근위부 외측에 새로운 골편형성으로 12도 정도의 외반 각형성 변형이 초래되었다 (Fig. 5). 또 술중 발생한 5mm 이상 골절부 신연 2례의 경우 동적전환으로 골유합을 얻었다.

술후 합병증으로는 지연유합을 보면 Muller¹⁷⁾는 골절치료후 평균 3-4개월 후 까지도 치료되지 않은 것을 지연유합이라 하였는데 저자들은 수술후 4개월까지 가골 형성이 불충분하고 임상적으로 불안정성이나 동통이 있을 때를 지연유합이라 판정하였으며 6례에서 지연유합 소견을 보였다. 이러한 지연유합은 모두 동적 전환으로 치료하였으며 이중 1례에서 과혈성 불유합과 하지 단축이 초래되었고 (Fig. 1) 골다공증이 있는 Winkquist-Hansen 2형 분쇄골절 1례에서 원위부 나사못 삽입 실패로 동적고정 시행 후 추시 관찰상 발생하였는데 2례 모두 하지단축과 술관절 내로의 금속정 원위단 돌출이 초래되어 (Fig. 2) 금속정 교체 및 장골 이식술을 시행하였고 이는 술관절부의 나사못 고정이 되지 못함으로 발생하였다. 그러므로 동적 고정이나 정적 고정에서 동적 고정으로 전환시에는 반드시 대퇴 원위부 즉 술관절 주위의 나사못을 남겨 놓아야 할 것으로 생각된다.

골수강내 금속정 고정술의 최대의 장점은 낮은 감염율을 이라고 하였는데^{11-13, 19, 21)} 개방성 골절에서 1례, 제한적 관혈적 정복술 시행한 폐쇄성 골절에서 1례에서 심부감염이 발생하였으며, Cierny와 Mader⁸⁾의 골수염에 대한 해부학적 분류상 골수강 (medullary) 형으로 삽입된 금속정의 지름보다 1mm 정도 과확공후 혼합 시멘트를 삽입하고 외고정 장치로 치료하였다.

원위 나사못의 파손 및 이완은 골절부위의 미세운동에 의한 splitting으로 유발되는데¹⁸⁾ 저자들의 경우 2례의 나사못의 이완, 1례의 나사못 파손을 경험하였다.

금속정 부전은 Mears¹⁵⁾에 의하면 골절의 안정성이 충분하지 못한 경우, 조기 체중부하를 시킨 경우, 금속 내고정물의 생체내 부식 등이라 하였는데 저자들의 경우 조기 체중부하로 1례에서 발생하여 새로

운 금속정으로 교체하였다.

결 론

조선대학교 의과대학 정형외과학교실에서 1991년 1월부터 1994년 6월까지 56례의 대퇴골 골절에 대한 교합성 골수강내 금속정 고정술 시행후 관찰할 수 있었던 문제점과 합병증을 연구 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 총 56례중 19례에서 39가지 합병증 및 수기상의 오류가 관찰되었다.
2. 술전 준비상의 문제점으로 수술기기 선택의 제한성, 수술기기 및 부속기기의 준비 미흡, 불충분한 술전 골전인 등이 있었다.
3. 술중 수기상의 사소한 오류가 전체 합병증에서 가장 큰 비중을 차지하였고 그 중에서도 삼입구 선정의 오류가 가장 문제가 되었다.
4. 술후 처치의 오류는 불안정성 분쇄골절에서 골절부의 안정성이 얻어지기 이전에 조기 체중부하 및 조기 동적 고정으로의 전환을 시행하는데 있었다.
5. 거의 대부분의 합병증이 술전의 충분한 계획과 준비, 정확하고 숙련된 수술 수기 및 적절한 술후 처치로 예방이 가능하리라 사료된다.

REFERENCE

- 1) 김경철, 최재열, 김준식, 제영수 : Interlocking nail을 이용한 대퇴간부 골절 치료의 합병증에 대한 임상적 고찰. *대한정형외과학회지*, 29:591-597, 1994.
- 2) 이정윤, 손성근, 김성수, 배남조 : 장관골 골절시 교합성 골수강내 금속정 고정술시 문제점. *대한정형외과학회지*, 29:745-753, 1994.
- 3) 윤승호, 이광진, 황득수, 변기웅, 양준영 : 대퇴골 간부 분쇄 골절의 폐쇄적, 부분개방성, 완전 개방적 골수강내 고정의 임상적 연구. *대한정형외과학회지*, 28:1984-1690, 1993.
- 4) 한홍준, 전경업, 김심수 : 골수강내 금속정 고정 및 맞물림법 시행후 발생한 문제점에 관한 분석. *대한정형외과학회지*, 25:377-388, 1990.
- 5) 최창욱, 나수균, 김연일, 최희수, 문도현 : 대퇴골 간부 골절에서 사용한 골수강내 금속정 부전의 임상적 고찰. *대한정형외과학회지*, 24:954-60, 1989.
- 6) Acker JH, Murphy C and D'ambrosia RD :

- Treat-ment of fractures of the femur with the Grosse-Kempf rod. *Orthopedics*, 8:1393-1401, 1985.
- 7) **Browner BD** : Pitfall, errors and complications in the use of locking Küntcher nails. *Clin Orthop*, 212:192-208, 1986.
 - 8) **Cierny G III and Mader JT** : Approach to adult osteomyelitis. *Orthop Rev*. 16:259, 1987.
 - 9) **Gustilo RB and Anderson JT** : Prevention of infection in the treatment of 1025 open fracutes of long bones. *J Bone Joint Surg*, 58-A:453-458, 1976.
 - 10) **Johnson KD and Greenberg M** : Comminuted femoral shaft fractures. *Orthop Clin North America*, 18:133-147, 1987.
 - 11) **Johnson KD, Johnson DWC and Parker B** : Comminuted femoral-shaft fractures : Treatment by roller traction, cerclage wires and an intramedullary nail, or on interlocking intramedullary nail. *J Bone Joint Surg*, 66-A:1222-1235, 1984.
 - 12) **Kempf L, Grosse A, Beck G and Strashbour** : Closed locked intramedullary nailing. *J Bone Joint Surg*, 67-A:709-719, 1985.
 - 13) **Klemm KW and Borner M** : Interlocking nailing of complex fractures of the femur & tibia. *Clin Orthop*, 212:89-100, 1986.
 - 14) **Küntcher G** : Practice of intramedullary nailing. *Springfield ILL*, CC Thomas. 1967.
 - 15) **Mears DC** : *Materials and orthopedic surgery*. 1st Ed. pp. 320-342 Baltimore, The Williams and wilkins Co, 1979.
 - 16) **Miller J, Kovacs A and Richard L** : Infection complicating intramedullary nailing of the fractured femur. *J Bone Joint Surg*, 56-B:205-206, 1974.
 - 17) **Muller ME** : Treatment of nonunions by compression. *Clin Orthop*, 43:83, 1965.
 - 18) **Seligson D** : *Concepts in intramedullary nailing*. 1st Ed. pp. 165-186, Florida, Grune and Stratton Co, 1986.
 - 19) **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 AAOS, Atlanta, Georgia, February, 1984.
 - 20) **Winquist RA and Hansen ST** : Comminuted fractures of the femoral shaft treated by intramedullary nailing. *Orthop Clin North America*, 11:633-648, 1980.
 - 21) **Winquist RA, Hansen ST 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.