

상완골 간부 골절에서 교합성 골수정을 이용한 치료의 합병증

이화여자대학교 외과대학 정형외과학교실

강충남 · 김종오 · 김동욱 · 고영도
오종건 · 고상훈 · 정승욱

— Abstract —

Complications of Interlocking Intramedullary Nailing for the Humeral Shaft Fracture

Chung Nam Kang, M.D., Jong Oh Kim, M.D., Dong Wook Kim, M.D., Young Do Koh, M.D.,
Jong Keon Oh, M.D., Sang Hun Ko, M.D. and Seung Wook Jeong, M.D.

*Department of Orthopaedic Surgery, Mok-Dong Hospital,
College of Medicine, Ewha Womans University, Seoul, Korea*

Several advantages of intramedullary nails over plates and external fixators have led to an expansion of the surgical indications for humeral shaft fractures. But, various morbidities due to proximity of several important structures, such as rotator cuff and radial nerve, followed the operation. We reviewed our experience with 23 cases of humeral shaft fractures that were treated by interlocking intramedullary nailing to evaluate the pitfalls and the complications of this technique. Fifteen men and 8 women were followed for average 19.5 months. Twenty one (91.3%) of them had midshaft fractures. According to AO/ASIF classification, type A was most common (60.9%), and followed by type B (26.1%) and type C (13.0%). Eighteen of them had associated injuries- 5 radial nerve palsies, 1 Volkman's ischemic contracture, and 14 had fracture of other sites. Indications for interlocking intramedullary nailing were unsatisfactory reduction after closed reduction, fracture of the ipsilateral upper extremity, segmental fractures, and multiple injuries. The operation was performed average 6.7 days after injury. The final results were evaluated with radiographs for quality of union and with physical examination for functional status of the shoulder. There were four cases

※ 통신저자 : 오 종 건
서울시 종로구 종로6가 70
이대 동대문 병원 정형외과

본 논문의 요지는 1997년 4월 대한골절학회 춘계학술대회에서 구연되었음.

of complication associated with increase morbidity. A post operative radial nerve palsy, associated with the distal interlocking screw fixation was developed due to inappropriately short nail insertion. And in one case, fracture healing was delayed due to distraction of the fracture gap after nailing. In another case subacromial impingement was developed secondary to protruded nail tip because the authors chose too long nail. In all above three cases associated with complication, inappropriate nail length was thought be the common underlying causative factor. Finally there was a case of iatrogenic fracture at the site of distal interlocking screw fixation and it was thought to be a technical problem.

The results gave us the conclusion that inappropriate nail length was the common underlying causative factor of the complications. Therefore in the interlocking IM nailing for the humeral shaft fractures, accurate measurment of nail length is one of the most critical factor for the good final result.

Key Words : humeral shaft fracture, intramedullary nailing, complication

I. 서 론

골수정은 장골의 표면에 위치하는 금속판에 비해 역학적으로 장골의 중심축에 더 가까이 위치하므로 금속판보다 굴곡 부하를 덜 받고 따라서 피로에 의한 금속의 파손이 일어날 위험이 적고, 중간부 골절의 경우 전위된 골절편이 정복을 위한 특별한 조작 없이도 금속정의 삽입과 동시에 재정렬되며, 금속판 고정으로 인해 흔히 발생하는 부하 차단에 의한 골연화증이 발생하지 않아 재골절 위험이 적은 장점을 가진다^{1-4,6}. 이러한 장점들은 경골 및 대퇴골 골절의 치료에 있어 그 유용성이 입증되었으며 이러한 결과로 인해 근래에는 상완골 간부 골절의 수술적 치료에 있어서도 교합성 골수정이 많이 사용되고 있다. 그러나, 상완골을 교합성 금속정으로 고정할 때에는 골수정 삽입 부위에 위치하는 회전근개 및 상완골 간부를 감싸고 주행하는 요골신경 등 손상받기 쉬운 구조물이 인접해 있어 이와 관련된 크고 작은 문제점들이 보고되고 있다^{7,8,10,14,20}.

저자들은 23례의 상완골 간부골절을 교합성 골수정으로 치료하고 경험한 합병증을 정리하고 이의 원인을 분석하여 합병증을 줄일 수 있는 방법을 알아보고자 하였다.

II. 연구 대상 및 방법

이화여자 대학교 목동병원 정형외과에서 1994년 5월부터 1996년 12월까지 교합성 골수정으로 치료

받고 6개월 이상 추시가 가능하였던 상완골 간부골절 23례를 대상으로 하였는데 추시 기간은 최저 6개월에서 최장 34개월로 평균 19.5개월이었다.

1. 성별 및 연령 분포

총 23례중 남자가 15례(65%), 여자가 8례(35%)였다. 연령 분포는 18세에서 87세 까지로 평균 43세이었고 사회적 활동이 가장 많다고 생각되는 30대가 11례(48%)로 가장 많았다.

2. 골절의 원인

교통사고가 15례(65%)로 가장 많았고, 실족 사고 3례(13%), 추락사고 2례(8%), 직접적인 외상 2례(8%), 기타 1례(4%)이었다.

3. 골절의 분류

골절의 분류는 AO/ASIF¹³ 분류를 사용하였는데, A형 14례(60.9%), B형 6례(26.1%), 그리고 C형이 3례(13.0%)이었고, 부위별로는 중간부 골절 21례(91.3%), 원위부 골절 2례(8.7%)로 근위부 골절은 없었다. 그리고, 23례중 2례는 개방성 골절로서 Gustilo⁶ 분류 I형에 해당하였다.

4. 동반 손상

23례중 18명(78.1%)에서 동반 손상을 보였으며 이 중 요골신경 손상이 5례이었고 볼크만씨 허혈성 구축이 1례 있었다. 그 외 동반 손상으로는 상지 및 하지의 골절이 10례, 골반 골절이 2례, 척추 골절이 1례 있었다.

5. 수술 시기 및 교합성 골수정의 적응증

교합성 골수정 고정술은 도수 정복만으로 골편의 정복이 이루어지지 않은 경우, 도수정복으로 만족할

만한 정복을 얻었으나 유지가 어려운 경우, 동측 상지의 동반 골절로 보존적 치료가 어려운 경우, 다발성 손상 환자에서 조기 기동을 위해 필요한 경우, 분절골절 등 수술적 치료가 필요하였던 예에 대해서

Table 1. Neer's Classification of Functional Results¹⁴⁾

1. Pain (35 units)		Extension	
a. None/ignores	35	45	3
b. Slight, occasional, no compromise in activity	30	30	2
c. Mild, no effect on ordinary activity	25	15	1
		less	0
d. Moderate, tolerable, makes concessions, uses aspirin	15	Abduction (coronal plane)	
e. Marked, serious limitations	5	180	6
f. Totally disabled	0	170	5
100	2	140	4
80	1	100	2
less	0	80	1
		less	0
2. Function (30 units)		External rotation (from anatomical position with elbow bent)	
a. Strength			
Normal	10	60	5
Good	8	30	3
Fair	6	10	1
Poor	4	less	0
Trace	2		
Zero	0	Internal rotation (from anatomical position with elbow bent)	
b. Reaching			
Top of head	2	90 (T6)	5
Mouth	2	70 (T12)	4
Belt buckle	2	50 (L5)	3
Opposite axilla	2	30 (gluteal)	2
Brassiere hook	2	less	0
c. Stability		4. Anatomy (10 units) (rotation, angulation, joint incongruity, retracted tuberosities, failure metal, myositis, non-union, avascular necrosis)	
Lifting	2	None	10
Throwing	2	Mild	8
Pounding	2	Moderate	4
Pushing	2	Marked	zero to 2
Hold overhead	2		
3. Range in Motion (25 units)		Total points	
Flexion (sagittal plane)		100 points	
180	6		
170	5		
130	4		
80	1		
less	0		

* Excellent, above 89 units; satisfactory, 80 units; unsatisfactory, 70 units; failure, below 70 units

시행하였다²⁰.

수술 시기는 동반 손상 및 개방창의 여부, 전신 상태 및 타과적 손상에 따른 마취의 가능성 등을 고려하여 가급적 빠른 시간 내에 하였으며, 타부위 및 타과적 동반 손상으로 인해 수상 당일 응급 수술을 시행한 2례 및 석고 고정술로 치료하다가 34일 경과 후 정복이 소실되고 골유합이 진행되는 소견이 보이지 않아 수술을 시행한 경우를 포함하여 평균 6.7일이 소요되었다.

6. 치료 결과의 평가

치료 결과는 최종 추시시 단순 방사선 검사 및 이학적 검사를 통해 평가하였는데, 방사선 소견상에서는 부정유합, 불유합 그리고 골수정이나 교합나사의 파손 유무를 관찰하였으며, 문진 및 이학적 검사 결과를 토대로 Neer¹⁸의 평가기준에 따라 동측 전관절의 기능적 결과를 판정하였다(Table 1).

골절의 유합은 임상적으로 골절 부위의 압통이 소실되고 방사선 소견상 가골의 형성으로 골절 선이 폐쇄되는 시기로 정하였는데 수술 후 4개월에도 골절의 치유가 진행되지 않는 경우에는 지연 유합으로, 그리고 수술 후 8개월까지도 골절의 치유가 진행되지 않는 경우를 불유합으로 간주하였다¹².

III. 결 과

각 형성, 회전 변형 및 급속 부전은 23례 모두에

서 보이지 않았고, 수상시 요골신경 마비를 보인 5례는 추시 관찰 결과 모두 3개월 이내에 회복을 보였으며, Neer¹⁸의 평가 기준을 이용한 치료 후 전관절 기능의 평가에서는 우수가 9례, 만족이 10례, 불만족 2례, 부전이 2례이었다.

불만족을 보인 2례 중 1례는 수술 후 요골신경마비가 발생하였던 경우이고 나머지 1례에서는 부정확한 Distal Targeting에 의한 상완골 원위부 골절이 발생하였다. 부전을 보인 2례는 견봉하 충돌에 의한 전관절 운동 장애를 보인 1례 및 지연 유합을 보인 1례이었다.

지연유합이 있었던 1례를 제외한 22례 모두에서 유합이 이루어졌는데 유합의 소견은 최소 7주에서 최대 16주까지 보였으며, 평균 유합 기간은 13.4주였고, 주관절 운동 장애는 없었다.

IV. 증례 보고

증례 1.

수술 후 요골 신경 마비가 발생하였던 환자는 46세 남자 환자로 낙상 사고로 인해 상완골 중간 부위에 AO type A의 골절이 발생하였으며(Fig 1-A), 교합성 골수정을 이용한 고정을 실시하였는데 술후 방사선 소견상 급속정의 길이가 짧아 원위 교합나사가 상완골의 중간 1/3과 원위 경계 1/3 부위에 위치하는 것을 볼 수 있었다(Fig. 1-B).

수술후 이학적 검사상 요골 신경 마비를 보여 즉

Fig.1.

- A. Initial radiographs of left humerus of 46 years old male show AO type A humeral shaft fracture at its mid 1/3.
- B. The post operative radiographs show the inappropriately short nail length and the arrow points to the distal locking screw which injured radial nerve.

시 시험적 절개를 시행하였으며 수술 소견 상 요골 신경은 절단되거나 압박 손상의 증거는 없었으나 교합나사에 바로 인접하여 요골 신경이 위치하는 것이 확인되었고, 원위 나사 제거 후 제5개월에 요골신경 마비 증상이 회복되어 요골신경 마비는 원위 교합 나사 삽입 과정에서 유발된 생리적 차단에 의한 것으로 생각되었다. 이 환자에서의 요골신경 마비는 부적절한 길이의 급속정을 삽입한 결과 원위 교합나사의 위치가 지나치게 근위부로 이동하여 요골신경의 손상을 초래하였다.

Neer¹⁰의 판정기준을 이용한 전관절 기능의 평가는 통증이 25점, 기능이 20점, 나머지 기타가 33점으로 불만족이었다. 이 경우는 술전 골수정의 길이 측정이 잘못되어, 원위부 교합 나사의 삽입 위치와 요골 신경의 주행이 겹쳤으며, 수술시 단순히 targeting device에만 의존해 교합 나사 삽입 위치를 결정하여 요골 신경 손상이 초래된 것으로 생각되었다.

증례 2.

지연유합이 있었던 1례는 40세 여자로 낙상 사고로 인하여 AO/ASIF type A의 골절이 발생하였다 (Fig. 2-A). 수술 후 시행한 단순 방사선 사진 상 원위 골편이 신연되어 골절편간의 거리가 증가되었

는데 (Fig. 2-B), 이는 수술 시 골수정을 너무 깊게 삽입하였으며, 또한 원위 골편의 확공이 불충분하여 생긴 것으로 보인다. 4개월 후 추시 단순 방사선 소견상 골유합이 전혀 보이지 않았고 (Fig. 2-C), 골절 부위에 압통을 호소하여, 압통을 호소하며 골유합이 지연된 것으로 판단하고 골이식술을 계획하였으나 수술소견상 원위 교합나사의 이완으로 안정성이 없는 것이 확인되어 급속판 고정술 및 자가 골이식술을 시행하였으며, 골이식 후 제 8주에 유합 소견을 보였다. 최종 추시시 전관절 기능의 평가는 부전에 해당하였는데, 이는 해부학적 요소 이외에 각각 통증, 기능, 관절 운동 범위에서 모두 낮은 점수를 보인 것에 기인하였다.

증례 3.

원위 교합나사 부위의 골절이 있었던 1례는 63세 남자 환자로 동측의 주두골 골절과 요골의 골절이 있어 골수정 고정술을 시행하였다. 원위 교합 나사의 삽입을 위해 천공을 시행하던 중 한 차례에 정확히 천공이 되지 않아 수차례 반복해서 시행했던 예로서, 수술 후 방사선 소견상 원위부 교합나사 주변에 불완전 골절이 있었으나 발견하지 못하고 조기 관절 운동을 시행하였다 (Fig. 3-A). 수술 후 5개월 추시 방사선 소견상 원위부에 발생했던 골절이 가골

Fig. 2.

- A. Anteroposterior and lateral radiographs of left humerus of 40 years old female show AO type A humeral shaft fracture.
- B. The arrow points to the distraction of distal fragment after insertion of intramedullary nail.
- C. At 4 months after operation no evidence of union was noted.

Fig. 3.

- A. The postoperative radiographs show cortical hole and breakage at the site of distal locking screw and the arrow points to the cortical breakage.
B. At 5 months after operation. The bridging callus formation was noted at the site of previous cortical breakage.

Fig. 4.

- A. The radiograph after the index operation shows subacromial impingement of protruded nail tip.

에 의하여 유합된 소견이 관찰되었다(Fig. 3-B). 이는 targeting device가 골수정 위에 견고하게 고정되지 않은 채로 원위부 교합나사 삽입을 시도하여 얇은 외측 상과연에 정확히 천공이 되지 않아 발생한 것으로 생각되었다. 최종 추시시 전관절 기능 평가는 동통 25점 및 기능 18점에 의해 불만족으로 평가되었다.

증례 4.

근위부에서 금속정의 돌출로 견봉하 충돌에 인한 동통 및 전관절 운동 제한을 호소하였던 예는 48세 여자 환자로 요골 및 척골의 동반 손상이 있어

AO/ASIF A형의 상완골 골절에 대해 금속정 고정술을 시행하였다. 수술 후 방사선 소견상 지나치게 긴 금속정을 선택하여 삽입함으로써 근위부에서 금속정이 돌출 되었다(Fig. 4-A).

수술 후 4개월에 원위부 교합 나사의 이완과 임상적 감염소견이 보였으나 골유합은 이루어져서, 금속정을 제거하고 변연 절제술 및 세척을 시행하였다. 감염은 이완된 원위 교합나사 부위에 국한되었던 것으로서 변연 절제술 및 세척 그리고 2주간의 항생제 정맥 주사로 치료하였으며 금속정 제거 후 6개월 추시 소견상 현재까지 감염의 재발 소견은 없는 상태이다. 최종 추시시 전관절 기능 평가는 해부학적인

측면은 이상이 없었으나 관절 운동 범위는 굴곡이 130°로 4점, 신전이 15°로 1점, 내전이 100°로 2점, 외회전 30°3점, 내회전 30°2점으로 불만족으로 평가되었다.

V. 고 찰

교합성 골수정은 경골 및 대퇴골 간부 골절의 수술적 치료에 있어서 매우 효과적이고 안전한 방법임이 이미 임상적으로 증명되어 있다. 이러한 결과에 고무되어 상완골 간부 골절의 수술적 치료에 교합성 골수정이 도입된 이래 점차 그 사용이 증가하고 있다.

그러나, 상완골은 대퇴골이나 경골과는 달리 교합성 금속정을 삽입할 때 문제점을 유발시킬 수 있는 독특한 해부학적 특성이 있어 주의를 요한다.

첫째로 Riemer^{16,17}은 전향적인 금속정 삽입 과정에서 회전근개의 손상이 있을 수 있으며 이로 인한 견관절 운동 장애가 유발될 수 있다고 하였다. 이에 대해 Seidel²¹은 견봉의 전외측단에서 사선 방향으로 절개선을 가해 도달함으로써 이러한 문제를 해결할 수 있다고 하였으나, Robinson¹⁸은 이와 같은 방법을 시행해도 약 56%에서 견관절 운동 제한이 초래되어 다른 도달법이 필요하다고 주장하였다. 이 문제에 있어서 저자들은 대결절의 상위 관절면(superior facet)과 소결절 사이의 바로 아래에서 골수정의 삽입 위치를 선정하는 Schatzker²⁰의 방법을 택하였는데 골수정의 길이가 너무 길어 삽입부에서 돌출되어 견봉하 공간에서 충격을 일으켰던 1례를 제외하면 견관절 운동 장애를 호소하는 환자가 없었다. 따라서 골수정의 삽입 위치는 Schatzker²⁰의 방법이 유용할 것으로 판단된다.

둘째로 교합성 골수정 삽입술에 동반되어 발생하는 신경 손상의 경우 Russel¹⁹이 51례의 상완골 간부 골절에 대해 교합성 골수정을 시행한 후 3례에서 일시적인 상완 신경총 손상을 보고한 것을 제외하면 의인성 요골신경 손상에 대한 보고는 거의 없다. 저자들의 경우 1례에서 너무 짧은 길이의 금속정을 삽입한 결과 원위 교합나사의 고정 위치가 요골신경이 후방에서 외측방으로 돌아오는 부위인 상완골의 중간 1/3부와 원위 1/3부의 경계부에 해당하여 이로 인한 일시적인 요골신경 손상이 유발되

었다.

요골신경은 상완골 원위 1/3부위에서 외측 상완근간 증적을 뚫고 후방으로부터 전방 구획으로 주행하고 있어 만일 금속정의 길이가 짧은 경우 직접 도달법으로 교합나사를 삽입하면 원위부 교합나사에 의해 요골신경이 손상될 수 있다. 따라서 외측방 접근시 요골 신경의 마비를 피하기 위해 nail-mounted targeting device 사용할 때 피부 절개선은 매우 신중히 고려되어야 하고 상완요골근의 후방으로 박리면을 유지해야 한다.

상완골 골절의 유합 여부에 대해서는 많은 저자들이 일관되게 높은 성공률을 보고하고 있다²². 저자들의 경우 23례중 골수정 삽입중 원위 골편이 신연되면서 골절 간격이 증가되어 지연유합이 있어 금속판 재고정 및 골이식 수술이 필요하였던 1례를 제외한 22례 모두에서 평균 13.4주에 골유합이 이루어졌다.

지연 유합이 있었던 예에서는 확실한 유합을 얻기 위해 Foster⁹등이 보고한 금속판 고정술 및 자가골 이식술을 시행하였으며, 그원인은 골수정의 삽입이 깊었고 원위 골편의 확공이 불충분했던 점이 원인으로 지적되었다. 이에 대해 Riemer^{16,17}은 상완골의 골수강은 다른 장골들과는 달리 내막골(endosteal bone)이 단단하고 골수강이 원위부에서 판상면 상으로는 넓어지나 시상면에서 볼 때 급격히 좁아지므로 확공술을 시행할 때 세심한 주의를 기울이지 않으면 피질골은 약화시킬 수 있으며 저자들의 예에서처럼 원위 골편의 신연으로 인한 지연유합 혹은 불유합 등의 합병증을 초래할 수 있다고 지적하였다.

따라서 원위 골편을 확공할 때에는 시상면의 골직경을 확인할 수 있도록 방사선 투시기를 이용한 측면 사진을 확인하면서 주의를 기울여 시행하는 것이 중요하리라 판단된다.

셋째로 원위 교합나사 삽입시 천공을 여러차례 시행하여 불완전 골절이 일어났던 경우처럼 상완골 파상부가 가지는 해부학적 특성으로 인해 단단한 피질골로 이루어져있고 폭이 좁은 외측 상과능(lateral supracondylar ridge)에 나사못을 고정해야 하므로 targeting device가 견고하게 고정되어 있지 않으면 파상부의 전후방으로 drill이 미끄러질 수 있으므로 주의를 요한다¹¹.

VI. 결 론

이상을 종합하여 볼 때 저자들이 경험한 합병증들 중에서 원위 골편의 신연으로 인한 불유합, 골수정의 근위부 돌출로 인한 전관절 운동 제한, 원위 교합나사에 의한 요골신경의 일시적 마비등은 골수정 길이의 부적절한 선택이 공통적인 유발인자로 분석되었다. 이처럼 상완골 간부 골절을 교합성 골수정으로 치료할 때에는 부적절한 골수정 길이의 선택이 (너무 길거나 너무 짧은 경우 모두 해당함) 경골이나 대퇴골의 골수정 고정술에서와는 달리 결과에 영향을 미치는 중요한 합병증을 일으킬 수 있으므로 수술전 정확한 방사선 측정을 통해 적절한 길이의 골수정을 선택하는 것이 매우 중요하리라 생각된다.

REFERENCES

- 1) Allen WC, Plotrowski G, Burstein AH, and Frankel VH : Biomechanical principles of intramedullary fixation. *Clin. Orthop.*, 60:13-20, 1968.
- 2) Brumback RJ, Bosse MJ, Poka AA, and Burgess AR : Intramedullary stabilization of humeral shaft fractures in patients with multiple trauma. *J Bone Joint Surg*, 68A:960-970, 1986.
- 3) Bucholz RW, and Brumback RJ : *Fractures in adults*. 4th ed. Philadelphia, J.B. Lippincott:1653-1723, 1991.
- 4) Chapman MW : *Operative orthopaedics*. 2nd ed. Philadelphia. J.B. Lippincott:151-160, 1992.
- 5) Foster RJ, Dixon GL, Bach AW, Appleyard RW, and Green TM : Internal fixation of Fractures and Non-unions of the Humeral Shaft. *J Bone Joint Surgery*, 67A 857-864, 1985
- 6) Gustilo RB, and Anderson JT : Prevention of infection in the treatment of one thousand and twenty-five open fractures of long bones: Retrospective and prospective analyses. *J Bone Joint Surg*, 58A:453-458, 1976.
- 7) Johansson O : Complications and failures of surgery in various fractures of the humerus. *Acta. Chir Scandinavica*. 120:469-478, 1961.
- 8) Kyle RF, Schaffhausen JM, and Bechtold JE : Biomechanical characteristics of interlocking femoral nails in the treatment of complex femoral fractures. *Clin. Orthop*, 267:169-173, 1991.
- 9) Mann RJ, and Neal EG : Fractures of the shaft of the humerus in adults. *Southern Med. J*, 58:264-268, 1965.
- 10) Mast JW, Spiegel PH, Harvey JP, Jr and Harrison C : Fractures of the humeral shaft. A retrospective study of 240 adult fractures. *Clin. Orthop*, 112:254-262, 1975.
- 11) Moran MC : Distal interlocking during intramedullary nailing of the humerus. *Clin Orthop*, 317: 215-218, 1995.
- 12) Mueller ME, Allgoewer M, Schneider R and Willenegger H : *Manual of internal fixation. Technique recommended by the AO-Group*. 2nd ed. New York, Springer:104, 1979.
- 13) Mueller ME, Nazarian S, Koch P, and Schatzker J : *The comprehensive classification of fractures of long bones*. Berlin, Springer-Verlag:158-169, 1990.
- 14) Naiman PT, Schein AJ, and Siffert RS : Use of ASIF compression plates in selected shaft fractures of the upper extremity. A preliminary report. *Clin. Orthop*, 71: 208-216, 1970.
- 15) Neer CS : Displaced proximal humeral fractures, part I, Classification an evaluation. *J Bone Joint Surg*, 52-A:1077-1089, 1970.
- 16) Riemer BL, D' Ambrosia R, Kellam JF, Butterfield SL, and Burke CJ : The anterior acromial approach for antegrade intramedullary nailing of the humeral diaphysis. *Orthopedics*, 14:239-246, 1991.
- 17) Riemer BL, Foglesong ME, Burke CJ, and Butterfield SL : Complications of Seidel intramedullary nailing of narrow diameter humeral diaphyseal fractures. *Orthopedics*, 16:1219-1223, 1993.
- 18) Robinson CM, Bell KM, Court-Brown CM, and McQueen MM : Locked nailing of humeral shaft fractures, experience in Edinburgh over a two-year period. *J Bone Joint Surg*, 74-B:558-562, 1992.
- 19) Russel TA, LaVelle DG, Nichols RL, Simard J, Taylor JC, and Walker BJ : *Interlocking intramedullary nailing of humeral fractures*. Presented before the annual meeting of the American Academy of Orthopedic Surgeons, Washington, D.C., February, 1992.(cited from Charles A Rochwood Jr ed. *Fractures in adult*. 4th ed. Philadelphia, Lippincott-Raven:1043, 1996)
- 20) Schatzker J : *The rationale of operative fracture*

care, 2nd ed. New York, Springer-Verlag : 83-94,1995

- 21) **Seidel H** : Humeral locking nail: a preliminary report. *Orthopedics*, 12:219-226,1989.
- 22) **Stern PJ, Mattingly DA, Pomeroy DL, Zenni EJ, and Kreig JK** : Intramedullary fixation of humeral shaft fractures. *J Bone Joint Surg*, 66-A:639-646,1984.
- 23) **Vichare NA** : Fractures of the humeral shaft associated with multiple injury. *Injury*, 5:279-282,1974.
- 24) **Ward EF, Savoie FH, and Hughes JL** : *Skeletal trauma*. Philadelphia, W.B. Saunders:1177-1200,1992.