

상완골 간부골절 불유합의 치험

순천향의과대학 정형외과학교실

안상묵 · 이병일 · 김연일 · 나수균 · 최창욱

=Abstract=

A Clinical Study on Nonunion of the Humeral Shaft Fractures in Adults

Sang Moung Ahn, M.D., Byeong Il Lee, M.D., Yon Il Kim, M.D., Soo Kyoong Rah, M.D.
and Chang Uk Choi, M.D.

*Department of Orthopedic Surgery, College of Medicine, Soon Chun Hyang University,
Seoul, Korea*

Usually, fractures of the humerus can be expected to unite. Circumstances often predisposing to nonunion are open reduction and internal fixation, infection, soft tissue interposition between fracture fragments and inadequate external immobilization.

The effectiveness of various methods of treatment and the complication was discussed. The best results are achieved in cases treated by compression plates and iliac bone graft.

Total 21 cases of nonunion of shaft of humeral fractures from Jan., 1980 to Dec., 1986 were treated at the Department of Orthopedic Surgery of Soon Chun Hyang University Hospital.

The results were as follows :

1. Incidence of nonunion of humerus shaft among the 270 cases has 7.8% ; rates of nonunion was 5.4% with nonoperative treatment of fractures of humeral shaft and 10.5% with operative methods.
2. Of 21 cases, male between 20-40th age group was predominant and mean age was 36 years. The cases of fracture was mainly due to the car and machinary accident.
3. Prevalent type and site was lower 2/3 transverse fractures.
4. There were associated injuries in ipsilateral upper extremity in 12(52%) patients.
5. The probable causes of nonunion were complex ; 9 of inadequate internal fixation and fixation metal failure, 7 cases of poor external fixation, 3 cases of soft tissue interposition between fracture fragments and 2 cases of infection.
6. The treatment performed were somewhat variable to include open reduction and plate (DCP) fixation for 18 cases, open reduction and circlage wiring for 2 cases and open reduction and screw fixation for 1 cases. All were supplemented with autogenous iliac bone graft.
7. Postoperative immobilization was done with shoulder spica cast, abduction splint and long arm cast for average 6.5 weeks.
8. All were united at average 4.7 months. Transient radial nerve palsy in 2 cases, and limitation of motion of shoulder and elbow in 2 cases, which required considerable time of physical therapy, but postoperative infection was none.

Key Words : Humerus, Nonunion, Treatment.

* 본 논문의 요지는 제 31차 추계학술대회에서 구연된 논문임.

서 론

상완골 간부골절의 불유합은 골절 당시의 모양, 개방성 골절 또는 감염의 유무, 일차적 수술 치료 또는 불안정한 골고정, 신연(distracton), 비수술적 치료시 환자의 비협조등의 원인에 의해 발생하며, 그 빈도의 범위도 다양하여 1~13%에 이른다^{1,9,11,13,31,32,42}.

상완골 간부골절 불유합의 치료방법은 cortical bone graft, intramedullary nailing, and neutralization or compression plate등 다양하게 교안 보고되고 있다^{4,5,11,13,16,22,24,35}.

지금까지 상완골 간부골절의 불유합에 대한 연구가 국내에서는 적었던 점을 감안 순천향 의과대학 정형외과학교실에서 만 6년간 정형외과에서 입원치료한 270명의 상완골 간부골절 환자 중 불유합이 발생한 21예(7.8%)에 대하여 골절

의 모양, 불유합의 원인, 치료방법 및 치료결과 등에 대하여 문헌고찰과 함께 보고하는 바이다.

증례 분석

1. 성별 및 연령분포

남자가 21예중 17예(89%)로 대부분이었으며, 나이별로는 19세에서 68세까지 걸쳐있고 평균연령은 36세였다(Table 1).

2. 손상의 원인

손상의 원인으로는 교통사고에 의한 경우가 9예로 가장 많았으며 그외 기계사고가 6예, 직접 손상이 3예, 넘어진 경우가 2예, 추락사고가 1예였다(Table 2).

3. 골절의 분류

총 21예중 5예가 개방성 골절이었으며, 골절의 형태는 9예가 횡선골절로 가장 많았으며, 7예가 나선골절, 5예가 복합골절이었다(Table 3).

4. 부위별 분포

불유합의 부위별 분포는 중앙 1/3부위가 10예로 가장 많았으며 원위 1/3부위가 7예, 근위 1/3부위가 4예를 차지하였다(Table 4).

5. 동측 상지의 동반손상

21예중 동측 상지의 손상을 동반한 증례가 12

Table 1. Age and Sex distribution

Age	Sex	Male	Female	Total
Under 20		2	0	2
21 ~ 30		6	1	7
31 ~ 40		6	0	6
41 ~ 50		3	0	3
51 ~ 60		0	2	2
Above 60		0	1	1
Total		17	4	21

Table 2. Causes of injury

Cause	No. of case
Auto-accidents	9
Machinery injury	6
Direct blow	3
Slip down	2
Falling	1
Total	21

Table 3. Initial type of fractures

Type	No.
Transverse	9
Oblique	7
Comminuted	5
Total	21

Table 4. Site of Fracture

Site	No. of case
Proximal 1/3	4
Middle 1/3	10
Distal 1/3	7
Total	21

Table 5. Combined injuries in ipsilateral upper extremity

Combined injury in ipsilateral site	No. of case
Forearm bone fractures	5
Only radial nerve injury	3
Brachial artery injury (rupture or thrombosis)	2
Brachial plexus injury	2
Total	12

Table 6. Initial treatment of fractures

Method of initial treatment	Closed fx.	Open fx.	Total
Conservative treatment	7	1	8
Open reduction with internal fixation (Plate, Screw and wiring)	8	1	9
Closed reduction with IM* nailing	1	3	4
Total	16	5	21

IM* : Intramedullary.

Table 7. Probable causes of Nonunion

Causes	No. of case
Inadequate internal fixation and implant metal failure	9
Improper external immobilization	7
Soft tissue interposition between fracture fragement	3
Infection	2
Total	21

예(57%)가 있었는데 그중 동측 전완부 골절이 5예로 가장 많았으며, 그외 요골신경 손상이 3예, 상완동맥 파열 및 폐색(thrombosis)과 상완

신경총 손상이 각각 2예였다(Table 5).

6. 일차적 치료

상완골 골절에 대한 일차적 치료방법을 살펴보면 관혈적 정복 및 내고정이 9예, 도수정복 및 석고고정으로 치료한 경우가 8예, 비관혈적 정복 및 골수강내 내고정술(intramedullary nailing)치료가 4예였다(Table 6).

7. 불유합의 발생원인과 일차적 치료와의 상관관계

병력과 임상적 소견, 방사선 소견 및 수술소견을 토대로 분석한 결과 21예중 9예가 부적절

Fig. 1-A. Preoperative roentgenogram. Initial fracture was comminuted. Primary treatment was an unstable plate and screw fixation.

Fig. 1-B. Postoperative 4 months roentgenogram showing solid bony union after treatment with compression plate fixation and autogenous iliac bone graft.

Fig. 2-A. Open fractures of distal 1/3 of humerus associated brachial artery thrombosis and radial nerve injury. Arteriogram shows interruption of flow of brachial artery.

Fig. 2-B. Preoperative roentgenogram. Primary treatment was plate and lag screw fixation with repair of brachial artery. Fracture site show nonunion.

한 내고정 및 내고정물로 가장 많았으며, 그외 불충분한 외고정이 7예, 골절편내 연부조직의 삽입이 3예, 감염이 2예를 차지하였다(Table 7).

(1) 부적절한 내고정술 및 내고정물

9예중 금속판 고정이 5예, 골수간내 내고정이 3예, 나사못 고정이 1예였다. 금속판 고정후 불유합이 발생한 5예는 골절편을 고정하는 나사가 충분하지 못하고 골편의 이완을 보였으며(Fig. 1-A), lag screw주위에 골 흡수를 보였다(Fig. 2-B). 골수강내 내고정술을 시행한후 불유합을 보인 3예는 모두 신경 및 혈관 손상을 동반한 개방성 골절이었기 때문에 모두 사고당일 혈관 조영술을 시행한후 신경 및 동맥의 봉합술에 중점을 두었기 때문에 충분한 고정 및 골절 정복이 부족하여 술후 신연(distraction)등을 보인 예다(Fig. 3-A, B).

(2) 불충분한 외고정

7예중 abduction splint 고정이 3예, hanging cast 고정이 3예, shoulder spica cast 고정이 1예로 외고정이 불안정하였고 고정기간이 짧고 견관절 및 주관절 운동의 시기가 빨랐다(Fig. 4-A).

Fig. 2-C. Postop. 4 months roentgenogram. Healed nonunion after treatment with dynamic compression plate and autogenous iliac bone graft after removal of lag screw and plate.

Fig. 3-A. Open fracture of humeral shaft associated vascular injury and brachial plexus injuries. Arteriogram shows interruption of flow of axillary artery and brachial artery.

Fig. 3-B. 3 months roentgenogram after emergency treatment with open reduction and intramedullary nailing with arteriorrhaphy. Fracture site shows nonunion and displacement.

(3) 골절편 사이의 연부조직 삽입 및 신연(distraction)

3예중 2예가 비관혈적 정복 및 석고 고정을 시행한 환자로 횡선골절이었고, 1예는 비관혈적

Fig. 3-C. Postoperative 3.5 months film shows solid union after step cut osteotomy, dynamic compression plate and autogenous iliac bone graft.

정복 및 intramedullary nailing을 시행한 예로서 수술시 3예 모두 골절편내 연부조직의 삽입을 보였다(Fig. 3-B).

(4) 감염

2예중 금속판 고정, 골수강내 내고정술을 시행한 환자가 각각 1예였다. 감염의 발현시기는 약 2개월이었고 2예 모두 균 배양 검사상 녹농균(*Pseudomonas Aeruginosa*)였다.

8. 불유합의 치료 및 결과

(1) 불유합의 치료방법과 외고정 기간

불유합의 치료방법으로는 전예에서 자가해면골 이식술을 시행함과 동시에 21예중 18예에서 압박금속판 고정술 및 decortication을 시행하였으며(Fig. 1-3, 5), 그외 3예에서는 불유합의 발생부위가 상완골 근위부였기 때문에 Circlage wiring 및 나사못 고정을 실시하였다(Fig. 4 and 6, Table 8).

수술후 외고정은 골절부위와 수술방법에 따라 달리하였는데, 외고정 방법으로 shoulder spica cast, abduction splint, long arm cast등을 이용하였는데 고정기간은 술후 4주에서 3개월사이

Fig. 4-A. Preoperative roentgenogram. Nonunion of proximal humerus, 3 months after abduction coaptation splint.

Fig. 4-B. Follow up roentgenogram after 3 months, solid union after treatment with wirings and autogenous iliac bone graft.

Fig. 5-A. Preoperative roentgenogram. Initial fractures was transverse. Primary treatment was hanging cast for 3 months.

Fig. 5-B. Postoperative 4 months roentgenogram. Healed nonunions after treatment with dynamic compression plate and autogenous iliac bone graft.

Fig. 6-A. Nonunion of the proximal humerus. 2.5 months after abduction coaptation splint.

였고 평균 고정기간은 약 6.5주였다.

(2) 골유합까지의 기간

전예에서 골유합을 얻을 수 있었으며 불유합 수술후 골유합까지의 기간은 치료방법에 따라 약간의 차이가 있었다. 즉 압박금속판 고정술을 시행한 군에서는 평균 4.5개월이었고, 그외 circlage wiring을 시행한 군에서는 5.8개월, 나사못 고정술을 시행한 군에서는 5.6개월이었으며, 평균 유합기간은 4.7개월이었다(Table 9).

Fig. 6-B. Follow up roentgenogram after 4 months, solid union after treatment with screw fixation and autogenous iliac bone graft.

(3) 불유합 수술후 합병증

술후 합병증으로는 2예에서 일시적인 요골신경 마비가 있었으나 완전히 회복되었으며 그외 견관절 및 주관절의 운동제한이 2예였으나 물리치료등 보존적 요법으로 많은 기능회복을 보였다.

(4) 추시기간

Table 8. Treatment of nonunion of humeral shaft fracture

Method of treatment	No. of case
Plate Fixation with bone graft and decortication	18
Circlage wiring with bone graft	2
Screw fixation with bone graft	1
Total	21

Table 9. Relationship between method of treatment and duration of union

Method of nonunion treatment	Duration of union(Month)
Plate fixation with bone graft (18 cases)	4.5
Circlage wiring with bone graft (2 cases)	5.8
Screw fixation with bone graft (1 case)	5.6
Mean duration of union	4.7

최단 11개월에서 최장 32개월로 평균 14개월이었다.

고 찰

상완골 간부골절은 1933년 이전에는 불유합발생의 호발부위였으나^{17, 19, 37, 45)}, 1933년 Caldwell³⁰⁾에 의한 hanging cast의 개발이후 abduction splint, plaster body cast⁴¹⁾등의 비수술적 방법과 intramedullary nailing 및 금속판과 나사못을 이용한 내고정등의 수술적 방법을 비롯하여 1967년 Sarmiento와 Sinclair^{2, 25, 36)}등에 의한 functional brace, U-shape coaptation splint 등 다양한 치료방법의 개발에 따라 상완골 간부의 불유합은 계속하여 감소하여 최근에는 0~13%^{1, 10, 14, 21~23, 26, 39~41)}에 이른다. 특히 상완골 간부골절에 대한 보존적 치료시 0~8%의 불유합이 발생한다고 하였고 수술적 치료시 0~13%의 발생율을 보이고 있다.

본 증례에서는 상완골 간부 골절 환자 총 270예중 21예(7.8%)에서 불유합을 보였으며 비수술적 가료시 5.4%, 수술적 가료를 받은 환자에서 10.5%의 발생율을 보여 상기 저자들의 빈도와 비슷하였다.

성별 및 연령별로는 다른 장관 골절 불유합과 거의 비슷한 20~40대 남자에서 빈발한다⁷⁾. 즉 Boyd⁶⁾에 의하면 일반적으로 보아 장골 골절은 골절부의 연부조직의 삼입이나 심히 전위된 관절내의 골절 또는 선천성 가골 형성증등의 특별한 경우를 제외하고는 16세이전에서는 골유합이 빠를뿐만 아니라 부전유합도 잘 출현하지 않으며 노년층일수록 골유합의 속도가 늦다고 하였으며 또한 Body와 Lipinski⁷⁾는 22세~38세에서는 활동력이 강하고 광범위한 연부조직의 손상이 빈번하기 때문에 불유합의 발생빈도가 높고 이러한 불유합의 유합기간은 연령을 불문하고 거의 비슷하다고 하였다. 본 연구에서는 위 저자와 비슷한 분포를 보였다.

골절의 형태로는 횡선골절시 불유합이 발생하기 쉬운 이유로 Charles¹⁴⁾는 골절면의 접촉면이 적고 신연(distraction) 및 연부조직의 삼입의 기회가 많기 때문이라고 주장했다⁹⁾. 특히 횡성골절시 hanging cast등의 보존적 요법으로 치료를 할때 신연이 생기기 쉽기때문에 Heppenstall²⁵⁾, Steen¹⁵⁾등은 이때에 오히려 관혈적 정복 및 내고정을 할 것을 권했다.

골절의 부위별로는 중상1/3부위가 다른 부위에 비해 혈액순환 장애가 많기 때문에 불유합이 잘 발생한다고 하였다. 즉 Laing³⁰⁾, Sever³⁷⁾등은 상완골의 주된 nutrient artery가 중상 1/3과 하위 1/3의 경계부 혹은 중상 1/3의 하단부에서 상완골에 들어간다고 하였으며, Carroll¹²⁾은 혈관이 들어가는 foramen등이 중위 1/3의 극소부분에 집중되어 중위 1/3부위에 불유합이 호발한다고 하였다. 이 점에서는 Coventry¹⁷⁾등도 동의했지만 그들은 불유합이 일어나기 쉬운 부위를 하부 2/3까지 확장시켰다. 본 증례에서는 하위 2/3에 발생한 불유합이 17예(81%)로 위 저자와 비슷한 빈도를 보였다.

그 외에 불유합이 발생하기 쉬운 조건으로 동측의 견관절, 완관절 또는 전완부 골절, 신경 및 혈관손상을 동반된 경우, 일차적으로 수술적 가료를 받았을 경우, 불안정한 외과적 고정, 개방성 골절, 골절편사이에 연부조직의 삼입, 골절편의 신연, 알콜중독 및 환자의 비협조등을 지적하였다^{1, 9~11, 13, 31, 32, 42)}.

본 연구에서도 상기 저자들의 결과와 비슷한 결론을 보였다. 즉 12예(57%)에서 동측 상지에 동반손상 즉 전완부 골절, 혈관 및 신경손상을 동반하였기 때문에 대부분 수술적 가료를 요했다. 특히 혈관 및 신경손상을 동반한 증례에서는 대부분 응급수술을 요했고 혈관 및 신경 봉합에 중점을 두었기 때문에 골절의 견고한 고정이 부족하였기 때문에 술후 distraction, 골 흡수를 보였다(Fig. 2-A, B, Fig. 3-A, B).

상완골 불유합의 치료는 cortical bone graft, circlage wiring, bone screw, intramedullary nailing, and neutralization or compression plates등이 있다. 그리고 부과적으로 골이 식슬 즉 자가해면골 이식술의 시행을 권하고 있다.

위방법으로 불유합을 치료했을때 53.8~95%의 유합율과 만족할 만한 기능회복을 가져왔다고 하였다^{1, 4, 5, 11, 13, 15, 16, 22, 24, 31, 35)}.

그러나 최근 상완골 불유합의 치료는 압박금속판이나 intramedullary nailing을 이용한 견고한 내고정 및 자가해면골 이식술이 가장 좋은 방법이라고 Coventry(1970)¹⁷⁾, Charles(1975)¹⁴⁾, Campbells(1987)¹¹⁾등이 주장하였고, Bennett(1936)⁵⁾, Okhotsky³⁴⁾, Aufranc(1961)²⁾등은 골조송증이 심하지 않으면 반드시 골이식을 해야 할 필요가 없다고 하였다.

그리고 Fattah²²⁾, David²⁰⁾등은 가관절의 섬유

성 조직의 제거와 골절면의 신선화(freshening)를 권하였지만 D'Aubine과 Salal(1950)²⁰⁾등은 가관절의 조직을 제거할 필요없이 Heavy compression plate로도 충분하다고 하였다.

본 저자들은 총 21예중 18예에서 상기 저자와 같은 방법으로 압박금속판 고정, 자가해면골 이식술 및 가관절의 섬유성 조직의 제거와 양골절면의 신선화(freshening)를 실시하였고, 그외 3예에서는 불유합 부위가 상완골 근위부에서 circlage wiring 또는 나사못 고정 및 골이식술을 시행하였는데 전예에서 골유합을 얻을 수 있었다.

술후 외고정에 대하여 Aufranc²⁾등은 술후 10주까지의 석고 고정을 권했는데, 이때 임상적으로 골이 견고해지고, X-선상 양호한 가골형성을 보인다고 하였다.

그러나 Muller³³⁾은 압박금속판이나 골수강내 내고정술로 치료한 경우 특별히 외고정을 할 필요가 없다고 하였는데, Howard Rosen³⁵⁾도 석고나 부목고정을 골조송증이 심한 노인이나, 내고정이 약한 경우에만 하는것을 권했다. 본 증례에서는 평균 6.5주정도의 외고정을 실시하였는데 골고정 정도 및 골유합의 소견에 따라 고정기간을 결정하였다.

결 론

본 순천향의과대학 정형외과학교실에서는 만 6년간 성인 상완골 간부에 발생한 불유합 21예를 치험, 추시관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 상완골 간부골절의 불유합 발생율은 일차적 치료방법에 따라 약간의 차이가 있었으며 불유합 발생율은 총 270예중 21례로서 7.8%였다.

2. 성별 및 연령별로는 20~40대의 남자에서 호발하였고, 손상의 원인으로는 교통사고 및 기계사고가 가장 많았다.

3. 골절의 형태는 횡선골절이 가장 많았고 골절의 부위별로는 원위 2/3가 81%로 대부분을 차지하였다.

4. 불유합 21예중 12예(57%)에서 동측 상지에 동반손상이 있었는데, 전완부골절, 상완신경총 손상, 요골신경 및 상완동맥 손상등이 있었다.

5. 불유합의 원인은 부적절한 내고정이 9예, 불충분한 외고정이 7예, 골절면내의 연부조직

삼입 및 distraction이 3예, 감염이 2예였다.

6. 치료방법은 압박금속판 고정이 18예, circlage wiring이 2예, 나사못고정이 1예였고 21예 전례에서 자가해면골 이식술을 병행하였다.

7. 21예 전예에서 골유합이 되었는데 평균 고정기간은 6.5주, 평균 유합기간은 4.7개월이었다.

8. 술후 합병증으로 2예의 일시적 요골신경 마비 및 주관절과 완관절의 운동장애가 있었으나 회복되었다.

REFERENCES

- 1) 정희영 · 한상요 · 조덕연 · 김기용 : 상완골 간부골절 불유합의 치료. 대한정형외과학회지, 제 17권, 제 5호, 869-878, 1982.
- 2) Aufranc, E. Otto : *Nonunion of Humerus*, J.A.M.A., Vol. 175 : 140-143, 1961.
- 3) Balfour, G.W., Monney, V. and Ashby, M.E. : *Diaphyseal Fractures of the Humerus Treated with a Ready-made Fracture Brace*. J. Bone and Joint Surg., 64-A : 11, 1982.
- 4) Bassett, C.A.L. and Pilla, A.A. : *A Nonoperative salvage of Surgically-resistant Pseudarthrosis by Pulsing Electromagnetic Field*. Clin. Orthop., 124 : 128, 1977.
- 5) Bennett, G.E. : *Fractures of Humerus with Particular Reference to Nonunion and its Treatment*.
- 6) Boyd, H.B. : *Causes and Treatment of the Shaft of the Long Bone with a Review of 741 Patients*. I.C.L., Vol. 17, St. Louis, 1960.
- 7) Boyd, H.B., Lipinski, S.W. and Willy, J. H. : *Observation on Nonunion of Shaft of Long Bone, with Statistical Analysis of 842 Patients*. J. Bone and Joint Surg., 43-A : 159, 1961.
- 8) Brown, P.W. : *The Open Fractures*. Clin. Orthop., 96 : 154, 1973.
- 9) Bryer, B. F. : *Management of Humeral Shaft Fractures*. Arch. Surg., 81 : 914, 1960.
- 10) Caldwell, J. A. : *Treatment of Fractures of the Humerus by Hanging Cast*. Surg. Gynecol. Obstet., 70 : 421, 1940.

- 11) Campbell, W.C. : *Ununited Fractures of Shaft of Humerus*, *Ann Surg.*, 105 : 135, 1937.
- 12) Carroll, S.E. : *A study of the Nutrient Foramina of the Humeral Diaphysis*. *J. Bone and Joint Surg.*, 45-B : 176, 1963.
- 13) Chacha, P.B. : *Compression Plating without Bone Grafts for Delayed Union and Nonunion of the Humeral Shaft Fractures*. *Injury*, 5 : 283, 1974.
- 14) Charles, H. and Epps, Jr. : *Fracture of the Humerus*. *Fracture, Rockwood and Green* : 564-581, 1975.
- 15) Christensen Steen : *Humeral Shaft Fractures, Operative and Consecutive Treatment*. *Acta. Chir. Scand.*, 133 : 455-460, 1967.
- 16) Christensen, N.O. : *Küntscher Intramedullary Reaming and Nail Fixation for Nonunion of the Humerus*. *Clin. Orthop.*, 116 : 222, 1976.
- 17) Coventry, B. Mark and Lauren, L. Edwin : *Ununited Fracture of the Middle and Upper Humerus*. *Clin. Orthop.*, 69 : 192-198, 1970.
- 18) Crenshaw, A.H. : *Delayed Union and Nonunion of Fractures*, *Campbell's Orthopedics*, Edmonson and Crenshaw, 7th ed. : 2093-2095, 1987.
- 19) Cubbin, W.R. and Scuderi, C.S. : *Fractures of the Humerus ; Statistics and Treatment in 500 Consecutive Cases*. *J.A.M.A.*, 100 : 1576, 1933.
- 20) D'Aubigne, R.M. and Solal, X. : *Le traitement des Pseudoarthroses de la Diaphyse Humérale*. *Rev. Orthop.*, 36 : 373, 1950.
- 21) David, H. Trotter and William, Dobzi : *Nonunion of the Humerus*. *Clin. Orthop.*, 204 : 162-168, 1986.
- 22) Fattah, H.A., Halawa, E.E. and Shafy, T. H. : *Nonunion of the Humeral Shaft. A Reports on 26 Cases*, *Injury*, 14 : 255, 1982.
- 23) Fenyó, G. : *On Fractures of the Shaft of the Humerus. A Review Covering a 12-years period with Special Consideration of the Surgically Treated Cases*. *Injury*, 14 : 255, 1982.
- 24) Frisher, K.A., Leatherman, K.D. and Kottcamp, W.W. : *Fibular Bone Grafting in Nonunion of the Humerus*. *J. Ky. Med. Assoc.*, 70 : 921, 1972.
- 25) Heppenstall, R. Bruce : *Fracture of the Humeral Shaft. Fracture Treatment and Healing*. Heppenstall, 1st ed. 424-437, W. B. Saunders. 1980.
- 26) Holm, C.L. : *Management of Humeral Shaft Fractures. Fundamental Nonoperative Techniques*. *Clin Orthop.*, 71 : 132, 1970.
- 27) Jeffrey, W.M., Philip, G. and etc. : *Fracture of the Humeral Shaft. A Retrospective Study of 240 Adult Humerus*. *Clin. Orthop.*, 179 : 168, 1983.
- 28) Kennedy, J.C. and Wyatt, J.K. : *An Evaluation of the Management of Fractures through the Middle third of the Humerus*. *Can. J. Surg.*, 1 : 26, 1957.
- 29) Key, J.A. and Conwell, H.E. : *Management of Fractures, Dislocations and Sprains*, 6th ed. St. Louis, Mosby, P. 149, 1956.
- 30) Laing, P.G. : *The Arterial Supply of the Adult Humerus*. *J. Bone and Joint Surg.*, 38-A : 1105, 1956.
- 31) Loomer, R. and Kokah, P. : *Nonunion in Fractures of the Humeral Shaft*. *Injury*, 7 : 724, 1976.
- 32) Mnayman, W.A., Smith-Peterson, M. and Aufranc : *Treatment of Nonunion of Humeral shaft Fractures*. *J. Bone and Joint Surg.*, 45-A : 1548, 1963.
- 33) Muller, E. Marice : *Treatment of Nonunion by Compression*. *Clin. Orthop.*, 43 : 83-88, 1965.
- 34) Okhotsky, V.P. and Souvalyan, A.G. : *The Treatment of Nonunion and Pseudoarthrosis of a Long Bones with Thick Nails*. *Injury*, 10 : 92-98, 1978.
- 35) Rosen, H. : *Compression Treatment of Long Bone Pseudoarthrosis*. *Clin. Orthop.*, 138 : 154, 1979.
- 36) Sarmiento, Augusto, et al. : *Function-*

- al Bracing of Fracture of the Shaft of the Humerus. J. Bone and Joint Surg., 59-A : 596, 1977.*
- 37) Sever : *Nonunion in Fractures of the Shaft of the Humerus, Reports of 5 cases. M.A.M.A., 104 : 382, 1956.*
- 38) Stern, P.J. and Mattinghy, D.A. : *Intra-medullary Fixation of Humeral Shaft Fracture. J. Bone and Joint Surg., 66-A : 639, 1984.*
- 39) Stewart, N.A. and Hundly, J.M. : *Fractures. A Comparative Study in Method of Treatment. J. Bone and Joint Surg., 37-A : 681, 1955.*
- 40) Vichare, N.A. : *Fractures of the Humeral Shaft Associated Multiple Injuries. Injury 5 : 179, 1974.*
- 41) Watson-Jones, R. : *Fracture and Joint Injuries. Vol. 2, 4th ed. Baltimore, Williams and Wilkins Co. 1960.*
- 42) William, L.H., George M.W. and Charles A.M. et al : *Nonunion of the Humerus Shaft. Clin. Orthop., 219 : 206-213, 1987.*