

상완골 간부골절 수술후 발생한 불유합의 치료

이광원 · 김규현 · 김환정 · 김하용 · 안재훈 · 박용범 · 최원식

울지의과대학 정형외과학교실

= Abstract =

Treatment of Humeral Shaft Nonunion after Primary Internal Fixation

Kwang-Won Lee, M.D., Kyou-Hyeun Kim, M.D., Whoan-Jeang Kim, M.D., Ha-Yong Kim, M.D., Jae-Hoon Ahn, M.D., Yong-Bum Park, M.D., Won-Sik Choy, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Eul-Ji Medical College, Taejeon, Korea.

We retrospectively reviewed one hundred fifty-two patients who were treated for humeral shaft fractures at Eul-Ji Medical College hospital from Jan 1991 to June 1997. We experienced twenty one cases of nonunion among them after primary internal fixation. The purpose of this study was to evaluate possible causes of nonunion and to find out adequate treatments. The main cause of nonunion was an inadequate fixation (57%). The most common fracture pattern was simple transverse type(22%), and it occurred most frequently at the middle one third area of humeral shaft (22%). For the treatment of nonunion, the plate fixation was done in ten cases, interlocking intramedullary nailing in three cases, bone graft only in six cases, and external fixation using monofixator (Orthofix®) in two cases. We obtained complete bony union from all cases, and the average union time was 17.5 weeks. Our study showed that higher incidence of nonunion was found in primary intramedullary nailing cases(19%) than in primary plate fixation cases (4%). In conclusion, close attention should be paid when choose the primary fixation method, and plate fixation and bone graft was considered as one of the useful treatment method of nonunion.

※ 통신저자 : 이 광 원
대전광역시 중구 목동 24번지 (301-070)
울지의과대학 정형외과학교실
Tel : (042) 259-1286 Fax : (042) 252-5498

Key words : Humeral shaft fracture, nonunion

서 론

상완골 간부 골절은 일반적으로 도수정복이 용이하여 고식적인 비수술적 치료가 시행되기도 하지만 장기간의 고정으로 인한 문제점 발생과 정복 후 골절 부위의 전위 및 신연의 발생 가능성 증가로 최근에는 환자의 연령, 피부 및 연부조직의 상태, 동반 손상의 유무, 골절부위의 전위 정도, 치료자의 경험이나 기호에 따라 여러 가지 수술적인 방법이 시행되고 있다. 하지만 골절 당시의 모양과 개방성 골절 여부 또는 감염의 유무, 부적절한 일차적 수술 및 내고정, 신연, 환자의 비협조 등에 의해 수술 후 불유합이 발생될 수 있으며 발생빈도는 저자에 따라 차이는 있으나 대개 5-10% 정도로 보고된다^{1,2,9,13}. 상완골 간부 골절 불유합의 치료방법은 압박금속판 고정술, 골이식술, 골수강내 금속정술, 외고정 등 여러 방법이 고안, 시술되고 있으며 그 결과는 저자에 따라 다르게 보고되고 있다^{2,13}. 본 교실에서는 상완골 간부 골절의 수술 후 발생한 불유합의 원인, 골절형태, 합병증과 1차적 치료 방법 등을 규명함으로써 불유합에 영향을 미치는 원인 및 치료와 예방에 대하여 알아보고자 하였다.

연구 대상 및 방법

1991년 1월부터 1997년 6월까지 본원 정형외과에서 상완골 간부 골절로 수술을 받고 1년이상 추시 관

찰된 환자 152례 중 방사선학적, 임상적으로 유합 소견이 6개월 이후에도 관찰되지 않은 21례(14%)를 분석 대상으로 하였으며 각 증례에 대한 방사선 사진과 외래, 입원기록들을 검토 조사하고 그외 수술기록, 진찰 소견을 기초로 성별 및 연령 분포, 골절의 원인 및 골절의 종류, 골절 후의 1차 진료, 수상시 동반 손상, 불유합의 원인, 그리고 치료방법 및 예방에 대해 분석 검토하였다. 술후 추시기간은 12개월에서 53개월까지로 평균 28.5개월이었다.

1. 성별 및 연령분포

남자가 21례중 14례(67%)로 다수를 차지하였으며, 나이별로는 25세에서 71세까지 다양한 분포를 보였으며 평균 연령은 49세였다.

2. 손상의 원인

손상의 원인으로는 교통 사고에 의한 경우가 16례로 가장 많았으며 작업중 손상이 2례, 추락사고 2례, 낙상이 1례였다.

3. 골절의 부위 및 형태

총 21례중 개방성 골절이 전체 14례중 3례(21%)였으며 골절형태는 단순 횡골절이 전체 49례(32%)중 11례(22%)로 가장 많았으며 횡형 분쇄상골절이 전체 43례(28%)중 4례(9%), 사형 분쇄상 골절이 전체 44례

Table 1. Analysis of nonunion cases

Site of fractures	Shape of fractures	Initial treatment
proximal 1/3 (1/35)	simple transverse (11/49)	plate fixation (2/51)
middle 1/3 (15/69)	comm. transverse (4/43)	interlocking nail (13/51)
distal 1/3 (5/48)	comm.oblique (6/44)	ender nail (6/50)
Total (21/152)	(21/152)	(21/152)

() No. of nonunion cases/No. of total cases

(29%)중 6례(14%)였다. 골절부위로는 중간 1/3이 전체 69례(45%)중 15례(22%)로 가장 많았으며 원위 1/3이 전체 48례(32%)중 5례(10%), 근위 1/3이 전체 35례(23%)중 1례(3%)를 차지하였다(table 1).

4. 동반손상

전체 21례중 10례(48%)에서 타부위 동반손상이 있었으며 동측 상지에 동반된 경우가 4례 있었으며 그 중 전완부골절이 2례, 상완신경총 손상이 1례, 수부골절이 1례였다

5. 수상후 1차 치료

수상 후 1차적 치료로서 수술적 치료를 시행후 불유합 소견이 관찰된 21례중에서 금속판 내고정술을 시행한 경우가 전체 51례(34%)중 2례(4%), 연성및 교합성 경성 골수강내 금속정을 삽입한 경우가 전체 101례(66%)중 19례(19%)였다(table 1). 수술적 방법의 결정은 환자의 연령, 분쇄 정도, 개방상 유무등을 고려 하여 선택 하였으며 수상후 평균 1주 이내(범위, 1일-12일)에 수술적 치료를 하였다. 수술후 외고정기간은 수술방법에 따라 차이가 있었으며 1차적 치료로 금속판 내고정술을 시행한 2례에서 4주간 U자형 석고 부목으로 고정하였고 금속정 내고정술을 시행한 19례중 비교적 안정한 고정을 시행하였다고 판단된 10례에서는 추가적인 외고정은 시행하지 않았으며 나머지 9례에서는 2주에서 6주까지 평균 3주간 수술후 외고정을 시행하였다.

6. 불유합의 원인

환자의 병력과 임상적 및 방사선 소견과 수술소견을 토대로 분석한 결과상, 엄밀히 분류하면 하나 이상의 인자에 의해 불유합이 발생하였지만, 주요 유발인자로써 부적절한 내고정에 의한 경우가 12례(57%)로 가장 많았으며 그중 견고하지 못한 내고정에 의한 경우가 10례, 환자의 비협조 및 조기운동중에 발생한 금속판 및 나사의 파손이 각각 1례가 있었다. 그의 골절면내 연부조직의 삽입과 신연이 4례, 감염이 2례, 개방상 골절이 3례 있었다. 감염이 원인이 된 2례중 금속판 고정술과 골수강내 고정술을 시행한 환자가 각각 1례였으며 2례모두 균배양 검사상 녹농균(*Pseudomonas aeruginosa*)이 배양되었다.(table 2).

Table 2. Type of etiological factors which established nonunion.

Etiological factor	No.
Inadequate fixation	12
unstable fixation	10
metal failure	1
improper fixation	1
Interposition of soft tissue, distraction	4
Open fracture	3
Infection (osteomyelitis)	2

7. 1차 수술후 불유합 수술까지의 기간

1차 수술 후 불유합 수술까지의 기간은 17례가 1년 이내, 1년에서 2년 사이가 3례였으며 2년이후에 불유합 치료를 받은례도 1례 있었고 평균기간은 10.5개월이었다.

8. 불유합의 치료 방법

불유합의 치료는 불유합 유발인자와 환자의 병력, 골절 부위에 따라 치료방법을 결정하였고 골절단간의 안정된 고정을 목표로 하였으며 전례에서 자가 해면골 이식술을 병행하였다. 21례중 압박 금속판 고정술을 이용한 견고한 내고정 및 골이식술을 시행한 경우가 10례로 가장 많았으며 연성 골수강내 금속정술 사용시 중력에 의한 신연에 의해 불유합이 발생된 2례와 내고정물 파손에 의해 발생된 불유합 1례에서 교합성 금속정 내고정술을 시행하였고 개방상 골절과 연부조직의 삽입으로 발생한 6례에서는 골절면 사이의 연부조직 제거 및 자가 골이식을 시행하였다. 골수염이 있었던 2례에서는 내고정물 제거와 사골절제술 및 변연 절제술을 시행한 후 Orthofix® (Intermedical Inc.) 외고정 기기를 이용하여 골절 고정후 골이식을 병행하였다(table 3).

9. 불유합 수술후 외고정

술후 외고정은 수술자의 판단하에 견고한 고정이 이루어졌다고 판단되는 경우는 술후 추가의 외고정을 시행하지 않았으며 필요한 경우에는 U자형 석고 부목을 이용하였고 고정기간은 술후 2주에서 6주 사이였고 평균 고정기간은 3주였다.

Table 3. Relationship between method of treatment and time to union.

Method of nonunion treatment(cases No.)	Time to union(wk)
O/R with plate with bone graft (10)	16.6
Interlocking nail with bone graft (3)	18.4
Additional bone graft only (6)	18
External fixation with bone graft (2)	20.1
Average time to union in total group	17.5

결 과

1. 골유합

골유합 시기는 방사선 사진상 가골형성이 양호하고, 상완부의 운동에 따른 골절부의 동통이나 압박이 없을 때를 기준으로 하였다. 전례에서 골유합을 얻었고 불유합 수술 후 골유합까지의 기간은 치료방법에 따라 다양한 차이를 보였다. 평균 유합 기간은 17.5주였으며 압박 금속판 내고정술과 골이식술을 시행한 군에서 평균 16.6주로 가장 짧았으며, 교합성 금속정 내고정술 및 골이식술을 시행한 군에서 평균 18.4주, 자가 골이식만 시행한 군에서 평균 18주였고(Fig. 1-A,B) 외고정기기 시행 후 골이식을 병행한 군에서는 평균 20.1주로 골유합 기간이 가장 길었다(table 3).

2. 합병증

불유합 치료후 합병증으로 금속정 내고정술을 시행한 군에서 견관절의 동통성 운동 장애가 2례에서

발생 하였으나 금속정 제거술후 소실되었으며, 금속판 내고정술을 시행한 군에서 전완부 골절을 동반한 1례에서 주관절 운동제한이 있었으나 물리치료 등 보조적 요법 시행후 점진적인 기능 회복이 있었다.

3. 골절양상에 따른 1차적 치료방법 및 불유합 발생의 빈도

1) 단순 횡형골절

단순 횡골절 양상을 보인 상완골 간부골절 49례 중 17례에서 교합성 경성 골수강내 금속정술을 시행하였으며 이중 8례(47%)에서 불유합을 보였으며 연성 골수강내 금속정술을 시행한 15례 중 1례(6%)에서 불유합을 보였고, 금속판 내고정술을 시행한 17례 중 2례(12%)에서 불유합 소견을 보였다.

2) 횡형 분쇄상 골절

횡형 분쇄상 골절 양상을 보인 상완골 간부골절 43례 중 14례에서 교합성 경성 골수강내 금속정술을 시행하였으며 이중 3례(21%)에서 불유합을 보였으며,

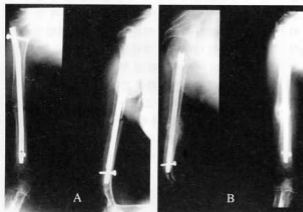


Fig 1-A. Postoperative 9 months roentgenogram, there is no evidence of bony union.

B. The postoperative 5-month roentgenogram taken after autogenous iliac bone graft ; The fracture site is completely united showing abundant callus.

연성 골수강내 금속정술을 시행한 11례중 1례(9%)에서 불유합을 보였고, 금속판 내고정술을 시행한 18례중 불유합 1례는 없었다.

3) 사형 분쇄상 골절

사형 분쇄상 골절 양상을 보인 상완골 간부골절 44례중 15례에서 교합성 경성 골수강내 금속정술을 시행하였으며 이중 2례(13%)에서 불유합을 보였으며, 연성 골수강내 금속정술을 시행한 18례중 4례(22%)에서 불유합을 보였고, 11례에서 금속판내고정술을 시행하여 이중 불유합 1례는 없었다

4. 각각의 골절 양상에 따른 1차적 치료와 불유합의 발생 빈도에 있어서 Fisher's exact test (2-tail)을 이용한 통계학적 검사와 의미있는 차이는 없었으며($P>0.05$), 골수강내 금속정술과 금속판 내고정술 간에 전체적인 불유합 발생빈도상 통계학적으로 의미있는 차이를 보였지($P<0.05$).

고 찰

상완골 간부골절은 전체 골절의 약 1%를 차지하며 1933년 Caldwell⁶⁾이 상지 현수석고를 개발한 이후 외전부목, 체간 석고고정 등의 비수술적 방법과 골수강내 금속정 및 금속판과 나사못을 이용한 내고정 등의 수술적 방법을 비롯하여 Sarmiento¹⁴⁾에 의해 개발된 기능적 보조구, U-shaped coaptation splint 등 다양한 치료방법으로 불유합의 발생빈도가 과거에 비해 계속하여 감소하고 있지만 장관골 중에서 경골 및 대퇴골에 이어 세번째로 불유합이 많이 발생하는 것으로 보고되고 있으며¹²⁾, 수술적 치료와 비수술적 치료에 따른 불유합 발생 비교 보고에서 수술적 치료(0-13%)의 경우 보존적 치료(0-8%) 보다 불유합이 많다고 보고되고 있으나^{2,19)}, Stern¹⁶⁾ 등은 단순골절이 아닌 여러 문제가 복합된 골절들에서 일차적으로 수술적 치료가 선택되므로 수술적 치료시 불유합 발생이 높은 것은 당연하며 이러한 비교 자체가 무의미하다고 했다. 따라서 보존적 치료시 장기간 고정으로 인한 주변관절 강직 등의 문제점 발생으로 최근에는 수술적 치료가 선호되고 있으며 수술 후 불유합을 일으키는 인자

로는 부적절한 내고정 및 내고정물 사용, 불충분한 외고정, 골절의 신연, 연부조직 삽입, 상완골 간부의 혈액순환장애, 개방성 골절, 감염, 비단, 심한 골조충충, 스테로이드의 사용 등이 있으며 이중 많은 저자들이 가장 큰 원인으로 불충분한 고정을 지적하였고 한가지 이상의 유발인자가 복합되어 발생한다고 하였다^{12,9)}. 저자의 경우 불유합의 원인으로 첫째 견고하게 내고정을 못했거나 조기 운동중에 내고정의 파손 및 중력에 의한 신연등으로 부적절한 내고정에 의한 경우가 가장 많았으며, 둘째 골절면내 연부조직 삽입, 셋째 그외 감염과 개방성골절, 수상 당시 연부조직 손상 정도등이 불유합의 원인으로 고려되었다. 따라서 적절한 일차적 수술적 방법의 선택과 환자가 협조적이지 못한 경우 충분한 고정기간이 불유합 발생 예방에 필요할것으로 사료된다. 상완골의 일차적 수술적 치료로 골수강내 금속정술이 많이 사용되고 있다. 골수강내 금속정술은 평균 골유합 기간이 짧고, 골막이나 연부조직 손상 방지와, 간단한 술식과 조기 관절운동 가능성 등의 많은 장점이 있으나, 중력에 의한 신연과 회전력에 의한 불안정성으로 금속판 내고정술에 비해 불유합 발생율이 높고 수술시 회전근개의 손상, 삽입구의 골절 등을 야기할 수 있는 단점이 있다. 금속판 내고정술은 골막 손상과 혈관 손상 등의 단점이 있으나 신경 손상 등과 같은 동반 손상시 동시에 수술적 치료가 가능하며 해부학적으로 정확한 정복과 견고한 내고정으로 불유합의 발생율이 적은 장점이 있어 상완골 골절의 유용한 내고정 법으로 판단된다. 또한 금속정 내고정을 사용한 경우에서 금속판 내고정을 사용한 경우보다 불유합 빈도가 높은 이유는 하지와는 달리 체중에 의한 압박을 줄 수 없는 점과 회전 안정성 및 신연에 의한 골전단 간격 발생, 그리고 비개방성 정복에 의한 연부조직의 삽입 등에 의한 불안정한 내고정이 원인으로 생각된다. 불유합이 흔히 발생하는 골절부위 및 형태와 그 이유에 대하여 Boyd⁵⁾, Sever 등¹⁵⁾은 상완골 간부의 중간 1/3에 불유합이 잘 발생함을 지적하고 이는 상완골의 주된 영양맥이 간부의 중간 1/3과 하위 1/3의 경계부 또는 중앙 1/3의 하단부에서 상완골에 들어가므로 이 부위의 골절은 상완골의 영양동맥의 손상을 유발하여 순환장애로 인한 불유합 발생이 많다고 하였으며 골절의 형태로 Rosen¹³⁾은 단순 횡 골절시 골절면의 접촉면이

적고 전위나 신연의 가능성이 많아 불유합 발생이 많으며 단순 사형 골절에서는 역으로 골절면의 접촉부위가 넓고 골절면의 전위가 적어 불유합 발생이 적다고 하였다. 또한 분쇄골절이나 분절골절에서는 영양동맥 손상과 고에너지 손상에 의해 유발된 연부조직에 의한 혈액순환장애로 인해 불유합이 흔히 온다고 하였다. 특히 Taylor¹⁸⁾ 등은 저에너지에 의한 단순 횡골절시 고식적인 보존적 치료에도 불구하고 신연에 의한 골절단 간격의 발생과 연부조직의 삼입기회가 증가하므로 관혈적 정복후 내고정술이 바람직하다고 하였다²⁾.

또한 불유합과 지연유합으로 판정하는 시기의 기준은 Campbell¹⁷⁾은 수상 후 8주까지 임상적으로 유합 소견이 보이지 않을 때를 불유합으로 판단하고, 보다 적극적인 치료를 권장하였으며 Okhotsky와 Souvayan¹¹⁾은 지연유합은 골절 후 8주 이내, 불유합은 4개월 이내에 유합의 소견이 보이지 않는 경우로 정의하였고 Rosen¹³⁾은 3-4개월 동안 골 유합 소견이 보이지 않을 때를 지연유합으로, 6-8개월후에도 유합이 지연되거나 멈춰있을 때를 불유합이라고 하였다. 본 저자들은 지연유합을 3개월, 불유합을 6개월로 정의하였으며 비록 그 이전이라도 X-ray상 불유합 소견이나 임상적으로 불유합 증후가 보이면 불유합으로 정의하고 적극적인 치료를 시작하였다.

상완골 불유합의 치료에는 견고한 내고정술, 골이식술, 전기 자극 그리고 최근에는 미세 현미경 수술을 이용한 생골 이식술 등이 있으며 이중 골수강내 금속정술이나 금속판을 이용한 견고한 내고정이 가장 좋은 방법으로 알려져 있다^{2,8,13)}. 이러한 견고한 내고정은 불유합의 치료 및 예방에 있어 중요하다고 여러 저자들에 의해 강조되었고 이를 위해 압박금속판을 사용할 경우 Miller⁹⁾은 적어도 6 hole 이상의 것을 사용해야 되고 양쪽 골단에 각각 2개 이상의 나사로 고정해야 한다고 하였으나 Aufranc⁴⁾은 각각 3개 이상의 나사를 사용하여 금속판을 고정해야 보다 견고한 내고정이 된다고 하였고 이런 압박금속판을 이용한 불유합의 치료에 있어서 Naiman¹⁰⁾은 자가 골이식술을 병행하여 96%의 골유합률을 얻었다고 보고한 반면, Pritchett¹²⁾, Okhotsky 등¹¹⁾은 골수강내 금속정을 이용한 불유합 치료에 있어 90-96.8%의 높은 성공률을 얻었으며 이러한 골수강 금속정은 추가적인 골막손상 없

이 불유합 부위에 안정을 기할수 있으며 Grant 등⁸⁾은 병적 골절로 인한 불유합시 절단면의 노출 방지로 전위나 감염 등을 예방할수 있는 장점이 있다고 하였으며 Ward 등²³⁾은 특히 골조송증이 심한 환자에서도 유용한 불유합 치료방법이라 하였다. 그러나 최근에는 골수강내 금속정으로는 하지와는 달리 체중에 의한 압박을 줄수 없는 단점이 있어 선택적으로 견고한 고정을 위해 금속판 내고정술이 선호되고 있다^{12,19)}. 골이식은 1915년 Albee³⁾에 의하여 처음으로 신선 자가골을 이용하는 방법이 고안된 이후로 외재(onylay) 또는 내재(inlay) 골이식술 등이 있으나 대개는 자가 장골 해면골 이식술을 시행하고 있으며 저자의 경우 전례에서 자가 장골 해면골 이식술을 이용한 골 이식술을 시행하여 만족할만한 골유합을 얻었다.

감염에 의한 불유합에는 개방성 세척요법과 항생제투여, 변연절제술 및 사골제거술로 감염을 치료한 후 견고한 고정술을 시행해야 한다고 Stephane¹⁷⁾은 역설하였으며 Ilizarov 기기나 핀 외고정 장치는 이러한 감염이 동반된 불유합이나 골면 손실이 있고 개방성 골절이 있는 경우에 골절면과 연부 조직의 안정성을 주는데 용이하며 동시에 창상치료에 편리한 장점이 있다^{2,13)}. 저자들의 경우에는 외고정 장치를 이용하여 감염에 의한 불유합 환자에서 골절단에 안정성을 부여한 후 사골제거와 변연절제술을 시행한 후 골이식을 병행하여 만족할만한 결과를 얻었다.

상완골 간부골절의 불유합 수술 시 외고정은 골절부의 안정성을 도모하기 위해 시행되며 수술 방법에 따라 다소 차이가 있으나 Aufranc 등⁴⁾은 임상적으로 골이 견고해지고 X-선상 가골 형성이 양호해지는 술 후 10주까지 석고 고정을 권하였으나 Möller⁹⁾은 견고한 고정 후에는 특별히 외고정 할 필요가 없다고 하였고 Rosen⁸⁾도 외고정은 골조송증이 심한 노인이나 고정이 불안정할 때만 시행하라고 권하였다. 저자들은 2주에서 6주사이, 평균 3주간 외고정을 시행하였으며, 고정의 견고성과 골유합 소견, 환자의 협조 여부에 따라 고정기간을 결정하였다.

불유합의 치료와 예방에 있어서는 일차적 치료시 골절 양상 분석과 환자의 전신적 인자를 고려하여 적절한 치료수술을 선택하고 안정한 내고정을 시행해야 하며 불유합 발생시에는 발생원인을 분석하고 발생원인의 해결과 견고한 고정을 시행하여야 높은 유

합합을 얻을 수 있으며 본 저자들도 압박 금속판 또는 교합성 골수강 내고정술을 이용한 견고한 고정 및 골절면 사이의 연부조직 제거 및 골이식술을 통하여 전례에서 유합을 얻을 수 있었다.

요 약

저자들은 상완골 간부골절 수술 후 발생한 불유합 21례를 시험, 추시 관찰 후 분석한 바 불유합의 원인으로 12례에서 부절절한 고정과 4례에서 중력에 의한 골절부위의 신연 및 골절편간에 연부조직 삼입의 기회증가(특히 횡행 분쇄상골절에서)로 인한 골절편간의 접촉면 소실이었으며, 분절골절, 병적골절, 다발성 외상이 있는 경우나 골절의 분쇄상이 심한 경우를 제외하고는 골수강 내고정술 사용을 지양하고, 금속판 내고정술을 이용한 견고한 고정을 얻는 것이 보다 효과적인 치료방법으로 사료된다.

REFERENCES

- 이광원, 김규현, 김하웅, 민영식, 김형철, 최원식 : 상완골 간부골절의 금속판 내고정술과 골수강내 금속정술에 의한 치료의 비교. *대한골절학회지*, 10-4 : 785-792, 1997.
- 최익수, 광철호, 최원석, 노수인 : 상완골 간부 골절의 불유합의 치료. *대한골절학회지*, 10-2:412-419, 1997.
- Albee FH : An electro-motor outfit and technique of its usage. *Boston Medical J.*, 173: 273, 1915. (cited from Wilson PD, *J Bone Joint Surg*, 33-B:301, 1951.)
- Aufmann E Otto : Nonunion of Humerus. *J.A.M.A.*, Vol. 175:140-143, 1961.
- Boyd HB, Lipinski SW and Wiley JH : Observation on Nonunion of the Shaft of the Long Bones, With a Statistic Analysis of 842 Patients. *J Bone Joint Surg*, 43-A, :159-163, 1961.
- Caldwell JA : Treatment of Fractures of the Humerus by Hanging Cast. *Surg Gynecol. Obstet*, 70:421, 1940.
- Campbell WC : Ununited Fractures of Shaft of Humerus. *Ann Surg*, 105:135, 1937.
- Grant RE, Colter JM, Epps CH, Jr and Kim DD : Complications of the Treatment of Fractures of the Humeral Shaft. Complications in Orthopedic Surgery, 3rd ed, Chales HE, Jr, J. B Lippincott Company, Philadelphia : 257-284, 1994.
- Müller ME : Treatment of Nonunion by compression. *Clin Orthop*, 43:83-92, 1965.
- Naiman PT, Schein AJ and Siffer RS : Use of ASIF Compression plates in selected shaft fractures of the upper extremities, A preliminary report. *Clin Orthop*, 71:208-216, 1970.
- Okhotsky VP and Souvalyan AG : The Treatment of Nonunion and Pseudoarthrosis of a Long Bones with Thick Nails. *Injury*, 10:92-98, 1978.
- Pritchett JW : Delayed Union of Humeral Shaft Fractures Treated by Closed Flexible Intramedullary Nailing. *J Bone Joint Surg*, 67-B :715-718, 1985.
- Rosen H : The treatment of nonunion and Pseudoarthrosis of the humeral shaft. *Orthop Clin N Am*, 21:725-742, 1990.
- Sarmiento A, Kinman PB, Galvin EG, Schmitt RA, and Phillips JGI : Functional Bracing of Fracture of the Shaft of the Humerus. *J Bone Joint Surg*, 59-A :596-601, 1977.
- Sever : Nonunion in Fractures of the Shaft of the Humerus, Reports of 5 cases. *J.A.M.A.*, 104:382, 1956.
- Stern PJ, Mattingly DA, Pomeroy DL, Zenni EJ Jr and Freig JK : Intramedullary fixation of humeral shaft fractures, *J Bone Joint Surg*, 66A:639-646, 1984.
- Stephane M : The treatment of infected non-union of fractures of long bones. *J Bone Joint Surg*, 57-A:836, 1975.
- Taylor C Jr : Delayed union and nonunion of the fractures, *Campbell's operative orthopedics*, Vol II, 8th Ed, Mosby year book company:1287-1334, 1992.
- Ward EF, Savoie FH and Hughes JL : Fractures of

the diaphyseal humerus. Skeletal Trauma, fractures, dislocation, ligamentous injuries, Vol II, Philadelphia, W.B. Saunders Company : 1177-1200, 1992.