

상완골 간부 불유합에 대한 임상적 고찰

이화여자대학교 의과대학 정형외과학교실

노 권 재

= ABSTRACT =

The Clinical Evaluation of Non-union of the Humeral Shaft

Kwon Jae Roh, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, College of Medicine, Ewha Womans University

Even with the conservative treatment, the humeral shaft fractures can be easily united with about 95% of union rate. According to Boyd(1961, 1965), the humeral shaft is the third of all the non-union of the shaft of long bones in the order of femur and tibia.

From June 1978 to May 1985, 14 cases of non-union of humeral shaft were treated at Dept. of Orthopedic Surgery, Ewha University Hospital and the following results were obtained.

1) Of 14 cases, 8 were traffic accident and 4 were industrial injury. All were 20-40 age group and 13 cases were male.

2) The site was 9 cases of mid. 1/3, 3 cases of lower 1/3 and 2 of upper 1/3. The comminuted fracture was 12 cases and 2 cases were transverse.

3) The initial treatment after injury was 13 cases of operative methods; 9 cases were plate fixation; 3 cases, screw fixation; 1 case, intramedullary nailing. The other 1 case was conservative method.

4) The probable causes of non-union were complex. The most frequent one was inadequate internal fixation of 9 cases, 3 cases of inappropriate external immobilization and the other 2 cases were unknown.

5) 8 cases were treated with plate fixation, 2 cases with autogenous bone graft, 1 with EST(electric stimulation therapy) and 1 with intramedullary nailing.

6) Postoperative immobilization was done with long arm cast or shoulder spica cast.

7) All cases were united and the average union time was 9.1 weeks. Limitation of motion of shoulder and elbow was recovered with physiotherapy.

서 론

상완골 간부골절은 현수석고(Hanging Cast)와 같은 보존적 치료법으로도 유합율이 약 95%로 비교적 치료가 용이한 골절이다.

그러나 Boyd등은 1961년⁴⁾에는 17.5%, 1965년⁵⁾에는 15.5%의 불유합 발생율을 보고하며 대퇴골, 경골의 다음으로 불유합이 빈번하다고 하였다.

저자는 1978년 6월부터 1985년 5월까지만 7년간 본 이화대학교 부속병원 정형외과교실에서 86례의 상완골 간부 골절에서 발생한 6례와 타병원에서 이송된 8례 등 총 14례의 상완골 간부 불유합을 치료하였다. 전례가 20~40대의 남자였고 중1/3의 분쇄상골절에서 빈발하였으며 원인은 부적절한 내고정술 및 내고정물과 불충분한 외고정술이 대부분이었다. 금속판 고정술, 골이식술 등을 사용하여 전례에서 골유합을 얻을 수 있었기에 문헌고찰과 함께 보고하는 바이다.

증 례 분 석

1) 연령 및 성별분포

연령은 최소 23세에서 최고 49세로 모두 20~40대에 빈발하였고, 성별로는 14례 중 13례가 남자이었다. 14례 중 본원에서 발생한 례는 86례 중 6례(6.9%)였으며 나머지 8례는 타병원에서 이송된 예였다(Table 1).

2) 손상원인

교통사고가 8례로 가장 많았으며, 4례의 산업재해 중 직접적상과 로울러손상이 각각 2례였으며 추락사고와 실족이 각각 1례씩 있었다(Table 1).

3) 동반손상

총 14례 중 8례에서 동반손상이 보였는데 요골신경손상이 4례였고 그외 다발성 골절, 열상 및 찰과상등이 있었다(Table 1).

4) 골절의 위치와 유형

우측이 9례, 좌측이 5례였으며 부위별로는 중1/3이 9례로 가장 많았고 하1/3이 3례, 상1/3이 2례였다. 개방성골절은 2례이고 나머지 12례는 모두 폐쇄성골절이었으며, 골절의 유형별로는 단순 횡상이 2례, 분쇄골절이 12례로 분쇄상의 중1/3 골절에서 불유합이 많이 발생하였다(Table 1).

5) 수술후 1차적 치료

타병원에서 전원된 8례에서는 모두 수술적 요법으로

7례는 금속판 고정술을, 1례는 나사못으로 고정하였다.

본원에서 발생한 6례는 모두 처음에 원칙적으로 석고고정을 하였다. 그 중 1례는 약 10주간 현수석고로 정복을 유지하였으나 유합이 이루어지지 않았고 나머지 5례는 현수석고로 유지가 되지 않아 수술로서 금속판 고정(증례 7, 8), 나사못고정(증례 9, 14)이 각각 2례였으며 골수강내 고정술(증례 3)이 1례였다. 총 14례 중 자가골 이식술(피질-해면골)은 7례(53.9%)에서 병행했으며 이식술을 병행하지 않은 경우와 차이가 없었다(Table 2).

6) 불유합의 원인

병력과 방사선소견을 분석한 결과 복합적인 경우가 많았으나 가능한 원인으로 부적절한 내고정술 및 내고정물이 9례로 가장 많았고 불충분한 외고정술이 3례였으며 감염에 의한 경우는 없었고, 2례에서는 특별한 원인을 찾을 수가 없었다(Table 3).

7) 불유합의 수술시기

수상후 불유합의 치료를 시행하기 까지의 기간은 최단 10주에서 최장 24개월로 평균 7개월이었으며 이중 타병원에서 전원된 8례의 경우는 9.1개월, 본원에서 발생한 6례는 4.3개월이었다(Table 1).

치 료 및 결 과

1) 치료방법

골절부위의 유합이 진행중이었던 증례 8과 나사못의 이완이 있었던 증례 14에서는 견고한 외고정으로 견수상 석고를 각각 9주와 6주간 하였고, Stress방사선촬영에서 약간의 가동성은 있으나 변형이 적었던 증례 2에서는 9주간의 준삽입성(Semi-invasive)전기자극을 시행하였다. 금속판 및 나사못이 견고하게 고정되어 있었던 증례 10과 증례 12에서는 내고정물을 제거후 자가골 이식술을 단독으로 시행하였으며, 현수석고 고정중 골절부위의 가동성이 보이고 간격이 넓어진 증례 13에서는 관혈적 정복술과 금속판 내고정술 및 자가골이식술을 시행하였다. 나머지 8례에서는 내고정 금속판을 제거한 후 7례에서는 충분한 길이의 견고한 금속판 내고정술 및 자가골 이식술을 하였으며 1례(증례 7)에서는 4개의 Rush정을 이용한 골수강 내고정술을 실시하였다. 이 중 증례 1과 증례 3에서는 전기자극치료를 병행하였다.

2) 수술후 고정방법 및 기간

6례에서는 견수상석고로 고정하였으며 나머지 8례에서는 장상지석고를 이용하였다. 고정기간은 4주에서 12

Table 1. Cases analysis

Case	Sex	Age	Case of fracture	Site and Type	Closed or Open	Associated injuries	T or A
1	M	40	falling down	Rt. mid. transverse	closed		T
2	M	28	in car accident	Rt. mid. comm.	closed		T
3	M	36	car accident	Rt. prox. comm.	closed	abrasion on Rt. arm	A
4	M	40	in car accident	Lt. mid. comm.	closed	radial nerve palsy	T
5	M	32	roller injury	Lt. dist. comm.	open	radial nerve palsy	T
6	M	23	car accident	Lt. mid. comm.	closed	radial nerve palsy, skull fracture	A
7	M	35	slip down	Rt. mid. comm.	closed		T
8	F	38	car accident	Rt. dist. comm.	closed	multiple fractures	A
9	M	49	car accident	Rt. prox. comm.	closed		A
10	M	24	roller injury	Lt. mid. comm.	closed	radial nerve palsy, ipsilateral forearm bone fracture	T
11	M	30	direct trauma	Rt. dist. comm.	open	scalp laceration	T
12	M	42	direct trauma	Rt. mid. comm.	closed	scalp laceration	A
13	M	37	in car accident	Lt. mid. transverse	closed		A
14	M	37	in car accident	Rt. mid. comm.	closed		

Comm: comminuted T: Transferred case A: Author's case

Table 1. Cases analysis (cont'd)

Case	Initial Treatment	B/G	Time to nonunion	Treatment of non-union	B/G	Time to union
1	shoulder spica cast plate fixation	+	6 months	plate fixation, B/G and EST	+	9.5 weeks
2	plate fixation	-	10 months	EST	-	9 weeks
3	intramedullary nailing -2 Steinmann pins	-	8 months	plate fixation and EST	+	8 weeks
4	4 screws fixation	-	7 months	plate fixation and EST	+	8 weeks
5	plate fixation (4 hole)	+	9 months	plate fixation	+	10 weeks
6	plate fixation	-	4 months	plate fixation	+	10 weeks
7	plate fixation	+	7 months	intramedullary nailing	+	10 weeks
8	plate fixation (4 hole)	+	4 months	shoulder spica cast	.	9 weeks
9	4 screws fixation & 2 wires	+	4 months	plate fixation	+	10 weeks
10	plate fixation	+	24 months	bone graft only	+	8 weeks
11	hanging cast-6 weeks plate fixation (4 hole)	+	4 months	plate fixation	+	10 weeks
12	plate fixation (5 hole) and circular wiring	-	6 months	bone graft only	+	10 weeks
13	hanging cast-10 weeks	-	2½ months	plate fixation	+	8 weeks
14	5 screw fixation	-	3 months	shoulder spica cast	.	6 weeks

B/G: bone graft EST: electric stimulation therapy

주까지로 평균 8.3주였다.

3) 합병증

술전의 동반손상인 요골신경마비는 모두 회복되었으며(증례 4, 5, 6, 10), 장기간의 외고정에 의한 견관절 및 주관절의 운동장애가 각각 2례와 5례에서 있었으나 물

Table 2. Initial treatment

Methods	No. of cases
plate fixation	9
screw fixation only	3
intramedullary nailing	1
hanging cast	1

Table 3. Causes of nonunion

Causes	No. of cases
inadequate internal fixation	9*
inappropriate external immobilization	3**
unknown	2***

* : case 1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 12

** : case 8, 13, 14

*** : case 2, 10

리치료로 모두 호전되어 일상생활에는 지장이 없었다. 2례의 표재성 감염도 항생제투여로 치유되었다.

4) 결 과

전례에서 모두 골유합을 얻을 수 있었으며, 골유합의 기간은 6주에서 12주까지로 평균 9.1주였다. 추시기간은 최단 6개월에서 최장 80개월로 평균 26개월이었다(Fig. 1-2).

고 찰

Watson-Jones는 골절치유과정에 따라 골유합 장애를 Slow-union, 지연유합, 불유합으로 나누어 치유과정이 완전히 정지되어 고정기간에 관계없이 골유합이 되지않아 수술적인 요법이 필요한 경우를 불유합이라 하였다³⁰⁾. Judet¹⁷⁾, Miller²¹⁾는 불유합을 2가지로 나누어 첫째 Hypertrophic형은 혈액 공급상태는 좋으나 견고한 고정이 되지 않았거나 조기 체중부하에 의해 생기며, 둘째 Atrophic형은 혈액공급상태가 불량하여 견고한 내고정뿐만 아니라 골이식술이 필요하다고 하였다.

Campbell⁷⁾은 상완골 간부 골절의 불유합이 높은 이유로 첫째 어떤 형태이든 견고한 외고정이 어렵고, 둘째 좋은 해부학적 정복후 골절편의 신연(distraction)이 생길 수 있는 점을 들고 있다.

상완골 간부 불유합의 비율은 Boyd등의 연구에서

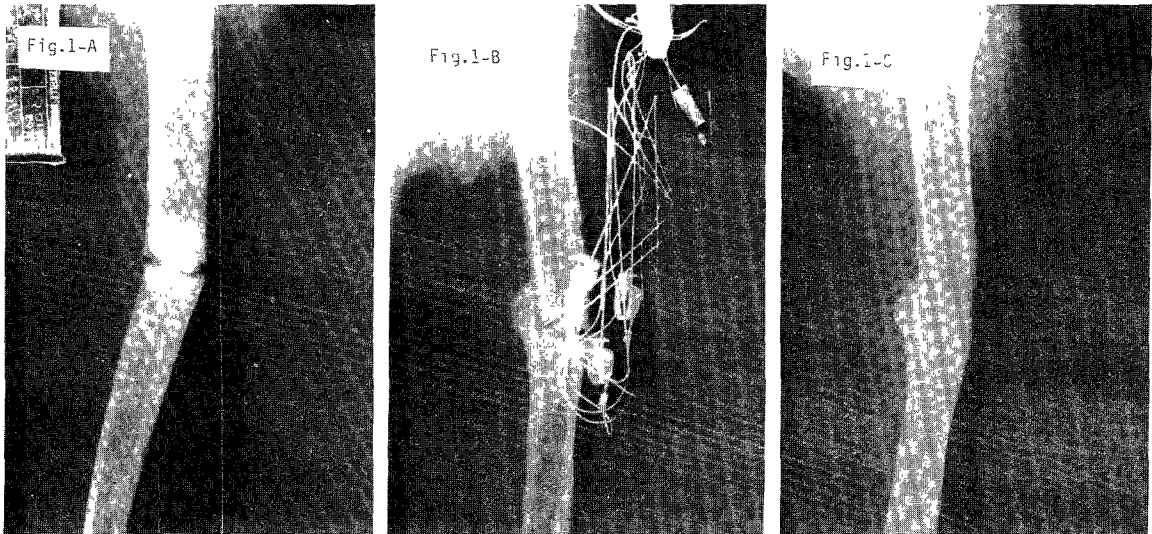


Fig. 1. Male/28 (case 2)

A. Transverse mid. 1/3 fracture with evidence of previous plate fixation and non-union.

B. 4 weeks of EST and moderate callus formation. C. Total 9 weeks of EST and union of fracture.

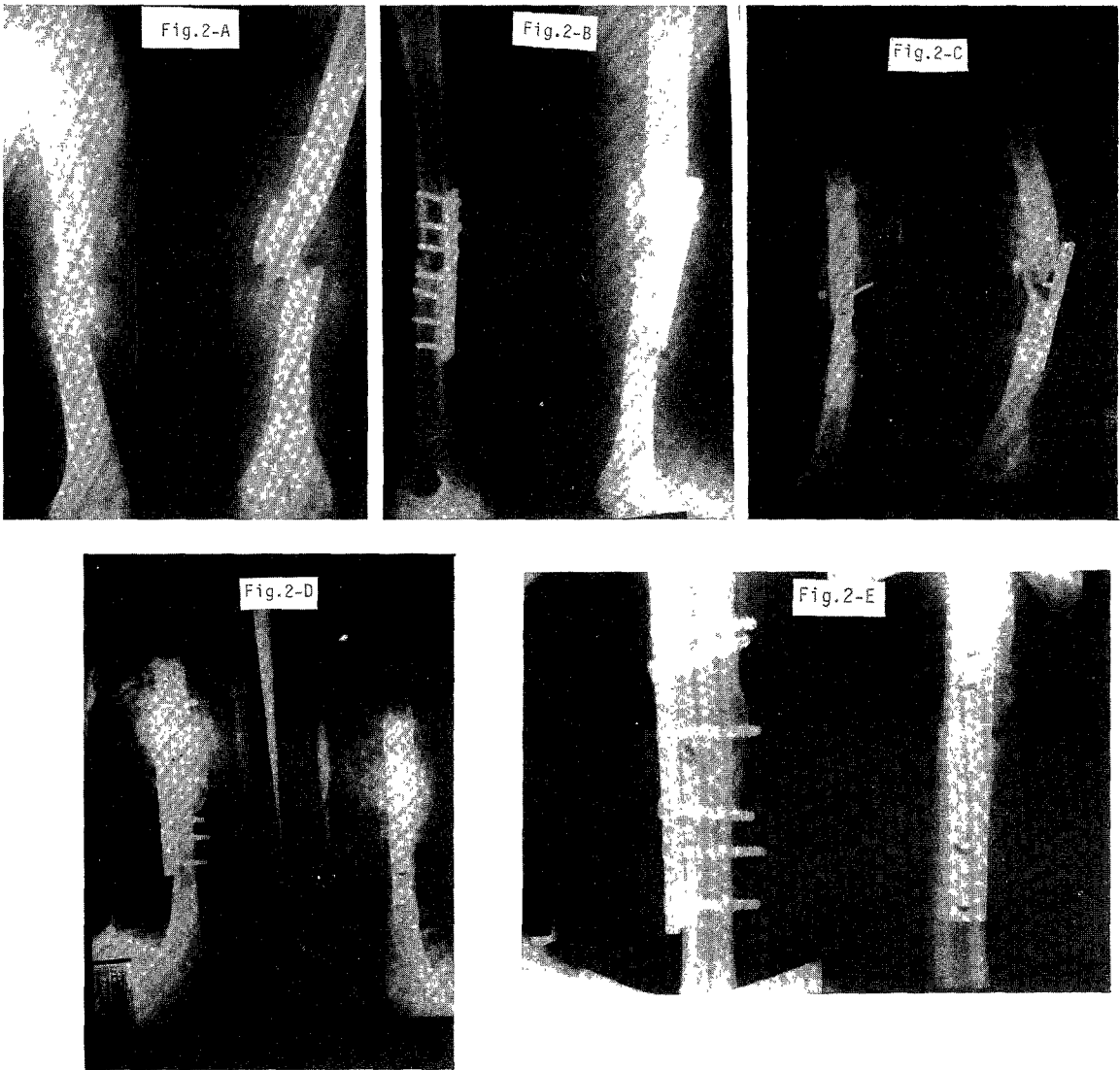


Fig. 2. Male/23 (case 6)

A. Comminuted mid. 1/3 fracture. B. Postop. film with plate and 7 screws. C. Postop. 6 weeks film showed breakage of devices. D. Removal of devices and a new plate fixation. E. 10 weeks later, obliteration of marginal sclerosis and fracture union was noted.

1961년에는 842례중 147례(17.5%), 1965년에는 추가된 112례중 19례(15.5%)를 차지하며 대퇴골, 경골, 상완골, 요골, 척골 및 쇄골의 순서로 발생된다고 보고하여, 장관골 간부 중 3번째로 불유합이 잘 일어난다고 하였다⁴⁾⁵⁾. 치료방법에 따른 불유합의 빈도를 Holm¹⁶⁾은 수술적 방법(12%)이 보존적 방법(5.5%)보다 많다고 하였고 다른 학자들도 수술적 방법(0~12%)에서 비수술적 방법(0~6%)보다 더 불유합이 많이 발생하므로 신선골절에서는 수술적 방법보다 비수술적 방법

으로 치료하는 것이 불유합의 발생을 줄일 수 있다고 주장하였다²⁴⁾²⁷⁾²⁸⁾. 정¹⁾ 등은 총 18례중 수술적 요법이 14례로 대부분을 차지하였고 저자의 경우도 14례중 1례(증례 13)를 제외한 13례에서 수술적 치료후에 발생하였다.

불유합의 진단기간은 장관골 간부에서 최소 6개월이며, 지연유합의 진단후 최소 4개월이상 치료한 후에야 불유합이라 할 수 있다고 하였다²⁹⁾. 그러나 상완골 간부 골절에서 불유합의 진단은 학자에 따라 다소 차이가 있

어서 Okhotsky와 Souvalyan²²⁾에 의하면 지연유합은 8주 이내, 불유합은 4개월 이내에 유합의 소견이 보이지 않는 경우라 하였고, 가관절 형성은 8개월 이후까지도 불유합상태로 골절부위에 동통이 없는 가성운동이 있을때라고 하였다. Charles⁹⁾, Sorensen²⁶⁾ 역시 4개월 이후에는 불유합을 결정할 수 있다고 하였고, Boyd등⁴⁾은 진단까지 평균 8개월을 보고하였으나 Campbell⁷⁾은 상완골이 다른 장관골보다 불유합의 증후가 빨리 나타나므로 수상후 8주후면 불유합의 진단이 가능하고 이때 초기에 적극적인 치료를 권장하였다. 저자의 경우는 최단 10주에서 최장 24개월로 평균 7개월이나, 본원에서 치료중 발생한 6례에서는 평균 4.3개월, 전원된 8례는 평균 9.1개월로 본원에서 치료중 발생한 증례들에서 초기에 적극적인 치료를 하였다.

불유합의 원인은 전신성인자와 국소인자로 나누어서⁶⁾ 전신성 인자로는 성별, 연령, 영양상태, 임신, 전신질환, 호르몬, 혈중 산소분압, 방사선 조사여부등이 있다. 성별로는 남자가 4배가량 많은데 이는 절대 골절환자수가 많고 여자에서 estrogen이 골절치유에 영향을 준다는 설도 있다¹⁸⁾²⁰⁾. 연령은 20~40대의 젊은층에 많은데 이 연령층이 개방성 골절이나 연부조직의 손상이 많이 동반되기 때문이다. 저자의 경우에도 1례의 여자를 제외한 13례가 남자였고 전례가 20~40대의 연령층이었다. Bassett 등³⁾은 산소분압이 높으면 골형성이 일어나고 낮으면 연골형성이 일어난다고 하였다. 국소인자에는 혈액순환장애, 골절편의 신연(distracton), 불안정한 고정, 감염, 골절손, 연부조직삽입, 신경혈관손상, 골절의 유형, 수술적 요법등이 있다. Carroll⁸⁾은 상완골 간부의 동맥분포는 영양혈관이 상완골 중 1/3의 하부의 전내측이나 중 1/3과 하 1/3의 경계부에서 골내부로 들어가는 것이 대부분이라 하였다. Watson-Jones³⁰⁾는 간부의 중 1/3이나 하 1/3의 경계부에 생긴 골절은 이 혈관의 손상으로 불유합이 발생된다고 하였다. 또한 Laing¹⁹⁾, Sever²⁵⁾등은 심한 전위골절과 감염뿐만 아니라 관혈적 정복시에 골막의 손상과 혈행장애가 골유합의 장애요소가 된다고 주장하였다. 반면 상 1/3은 견관절의 운동이 제한되어서 하중이 골절부위에 집중되어 불유합이 될 수 있다¹⁰⁾³⁰⁾. 골절편의 신연은 정복이 안되었거나 현수석고에서 너무 과다한 중량으로 생긴다. Urist등²⁹⁾은 골절간격이 0.5cm되면 골유합기간이 1년 이상 지연된다고 하였다. 고정이 견고하지 못하면 골절부위에 가동성이 있어 신생혈관의 파괴와 산소분압이 낮아져서 불유합이 일어난다. 골절의 유형상 횡상과 분절상에서 잘 일어나며 특히 Charles⁹⁾는 횡상골절시 양골단의 접촉면이 적고 신연되기 쉽고 연부조직이 삽입되어 불유합이 일어난다고 하였으며 따라서 Heppe-

nstall¹⁵⁾, Steen²⁷⁾은 횡상골절에서는 처음부터 관혈적 정복 및 내고정술을 권하였다. 초기의 수술적 요법은 감염의 기회가 높고 연부조직과 골막의 손상 및 마취에 의한 전신부작용등이 있으며 부적절한 내고정술 및 내고정물등으로 불유합의 빈도가 높아진다. 저자의 경우에도 1례를 제외한 13례에서 수술적 요법을 시행후 불유합이 발생하였으며, 부위별로는 중 1/3에서 9례로 가장 많이 발생하였다.

진단은 임상적 증상, 이학적 소견, 방사선 소견등으로 할 수 있는데 임상적으로는 동통, 근력약화, 불안정감 및 골절부위의 변형의 증가등이 있으며, 이학적 소견으로는 가성운동, 압통, 피부온도의 상승 및 음성진동전도의 지연등이 있다⁶⁾⁴⁾¹⁵⁾. 방사선소견은 골절부위의 간격이 보이고 양골단의 경화와 등근 버섯모양을 보이고 골수강이 폐색되며 양골단 주위의 골조충증이나 나타나고 변형이 계속 증가하거나 수개월 간격의 방사선 사진에서 골유합의 진행소견이 보이지 않을때 불유합으로 진단할 수 있다²⁹⁾.

치료는 여러가지 방법의 수술과 골이식술이 소개되었으나 가장 중요한 것은 견고한 내고정이다⁷⁾²¹⁾²²⁾. 최근 압박금속판 고정술을 많이 사용하고 있으며 골수강내 금속정도 좋은방법으로 알려져 있다¹¹⁾¹³⁾²³⁾. 압박금속판 내고정술시에 Müller²¹⁾는 적어도 6 hole 이상의 금속판을 사용하여 양 골절편에 적어도 2개 이상의 나사를 고정하여야 한다고 하였으나, Aufranc²⁾은 위·아래에 각각 최소한 3개씩의 나사를 사용할 것을 주장하였다. 이때 Charles⁹⁾, Campbell⁷⁾은 자가골 이식술을 병행할 것을 강조하였으나 Okhotsky와 Souvalyn²²⁾은 골조충증이 심하지 않으면 골이식술을 할 필요가 없다고 하였다. 저자의 경우 수술적요법을 시행한 12례중 전기자극 치료를 한 1례를 제외한 11례에서 자가해면골 이식술을 모두 시행하였으며 고정술은 8례에서 금속판(6-hole)을 사용하고, 1례에서는 골수강내 고정술을 시행하였다. 또 2례에서는 단독으로 골이식술만을 시행하였고 나머지 1례는 전기자극만을 시행하여 유합을 얻을 수가 있었다. 불유합의 형태중 hypertrophic형인 경우 골이식술없이 견고한 외고정으로 유합을 얻을 수가 있다고 하였으며¹⁰⁾¹⁷⁾, 저자의 경우에도 유합이 진행중이었던 증례 8과 나사못의 이완이 있었던 증례 14에서는 견고한 외고정만으로 골유합을 얻을 수 있었다.

수술후 고정은 대개 10주 정도를 권하고 있으며 이때 임상적 혹은 방사선상 골의 유합이 보인다. 그러나 견고한 외고정이 된 경우에 Müller²¹⁾는 특별히 외고정을 할 필요가 없다고 하였다. 저자는 견고한 내고정이 된 8례에서는 장상지석고를, 그외 불안정한 소견을 보인 6례에서는 견수상석고를 하였다. 이중 골수강내 고정술

을 시행한 예(증례 7)는 4주간 장상지 부목만 시행하였다. 고정 기간은 4주에서 12주로 평균 8.3주였다.

골유합의 기간은 대개 10주까지 유합이 된다고 하였으며²¹⁾²²⁾. 저자의 경우 6~12주로 평균 9.1주가 소요되었다.

술후 합병증으로 요골신경의 마비, 견관절 및 주관절의 운동제한이 올 수 있다고 하였으며¹⁾, 이때 요골신경의 마비는 대개 말초신경변마비(Neuropraxia)나 축색절단(Axonotmesis)이므로 회복이 된다고 하였다. 또한 견관절 및 주관절의 운동제한도 물리치료등으로 회복이 가능하다고 하였다¹⁾. 저자의 경우 요골신경의 마비는 발생하지 않았으며, 주관절 및 견관절의 운동장애는 물리치료로 정상활동이 가능한 만큼 회복되었다.

결 론

저자는 1978년 6월부터 1985년 5월까지 만 7년간 본원 정형외과학교실에서 치험하고 6개월이상 추시가 가능하였던 상완골 간부 불유합 총 14예에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 수상원인은 교통사고가 8례, 산업재해가 4례였으며, 연령 및 성별 분포는 20~40대의 남자가 대부분이었다.

2) 부위별로는 중1/3이 9례로 가장 많았고 하1/3이 3례, 상1/3이 2례였다.

유형별로는 단순횡상이 2례, 분쇄상이 12례로 전체적으로는 중1/3의 분쇄상 골절에서 빈발하였다.

3) 수상후 1차적 치료는 13례에서 수술적요법을, 1례에서 보존적 요법으로 현수석고를 하였다. 수술적 요법에는 금속판 고정술이 9례, 나사못 고정술이 3례, 골수강내 고정술이 1례였다.

4) 불유합의 원인은 복합적 요인이 있으나 부적절한 내고정술 및 내고정물이 9례, 불충분한 외고정술이 3례였으며 감염에 의한 경우는 한례도 없었다. 나머지 2례에서는 특별한 원인을 찾을 수가 없었다.

5) 불유합의 치료는 8례에서 금속판 고정술을 시행하였고 골이식술이 2례, 전기자극치료와 골수강내 고정술이 각각 1례씩 시행하였다. 나머지 2례의 경우는 견고한 외고정을 오랜기간 실시하였다.

6) 술후 외고정은 6례에서 견수상석고를, 8례에서 장상지석고를 하였다.

7) 전례에서 골유합을 얻을 수 있었으며 유합기간은 평균 9.1주였다.

REFERENCES

- 1) 정희영·한상요·조덕연·김기용 : 상완골 간부 골절 불유합의 치료 . 대한정형외과학회지, 1982, 17-5: 869-878
- 2) Aufranc E·O : Nonunion of humerus. JAMA 1961, 175: 140-143
- 3) Bassett FH III and Silver D : Arterial injury associated with fractures. Arch Surg 1966, 92 : 13
- 4) Boyd HD, Lipinski SW and Wiley JH : Observation on nonunion of the shaft of the long bones, with a statistical analysis of 842 patients J Bone and Joint Surg 1961, 43-A : 159-168
- 5) Boyd HD, Anderson LD and Johnston DS : Changing concepts in the treatment of nonunion. Clin Orthop 1965, 43: 37-54
- 6) Boyd HD : Symposium ; Treatment of ununited fractures of the long bones. J Bone and Joint Surg 1965, 47-A : 176-178
- 7) Campbell CW : Ununited fractures of the humerus. Ann of Surg 1937, 105 : 135-149
- 8) Carroll SE : A study of the nutrient artery of the humeral diaphysis. J Bone and Joint Surg 1963, 45-B : 176
- 9) Charles HE Jr : Fractures of the shaft of the humerus. Fractures, Rockwood and Green, JP Lippincott co 1984, 577-598, 2nd ed
- 10) Charles HE Jr : Complications in orthopedic surgery JB Lippincott Co philadelphia 1986, 295-300
- 11) Christensen NO : Kúntschner intramedullary reaming and nail fixation for non-union of the humerus. Clin Orthop 1976, 116: 222-226
- 12) Coventry BM and Lauren LE : Ununited fracture of the middle and upper humerus. Clin Orthop 1970, 69: 192-198
- 13) Durbin RA, Gottensthan MJ and Saunders KC : Hackethal stacked nailing of humeral shaft fractures. Experienced with 30 patients. Clin Orthop 1983, 179: 168-174
- 14) Edmonson AS and Crenshaw AH : Campbell's

- operative orthopedics*. 6th ed Mosby co 1980, London
- 15) Heppenstall RB: *Fractures of the humeral shaft, Fracture treatment and healing*, 1st ed 1980, 424-437
 - 16) Holm CL: *Management of humeral shaft fractures, Fundamental nonoperative techniques*. *Clin Orthop* 1970, 71: 132-139
 - 17) Judet J and Judet R: *L'osteogenese et les retards de consolidation et les pseudoarthroses des os longs*, Huitieme Congres, SICOT 1960 pp 315
 - 18) Koskinen EVS: *The effect of growth hormone and thyrotropin on human fracture healing*. *Acta Orthop Scand Suppl*. 1963, 62: 115
 - 19) Laing PG: *The arterial supply of adult humerus*. *J Bone and Joint Surg* 1963, 45-B : 176
 - 20) Mclean FC and Urist MR: *Bone. An introduction to the physiology of skeletal tissue*. Chicago University of Chicago Press 1960
 - 21) Müller ME: *Treatment of nonunions by compression*. *Clin Orthop* 1965, 43: 83-92
 - 22) Okhotsky VP and Souvalyan AG: *The treatment of nonunion and pathogenesis and pseudoarthrosis of a long bone with thick nails*. *Injury* 1978, 10: 92-98
 - 23) Robert JF, Colorado S et al: *Internal fixation of fractures and nonunion of the humeral shaft*. *J Bone and Joint Surg* 1985, 67-A : 857- 864
 - 24) Sarmiento A et al: *Functional bracing of fractures of the humerus*. *J Bone and Joint Surg* 1977, 59-A: 596-600
 - 25) Sever JW: *Nonunion in fractures of the shaft of the humerus, Report of 5 cases*. *JAMA* 1935, 104: 382
 - 26) Sorensen KH: *Pseudoarthrosis of the humerus*. *Acta Orthop Scand* 1964, 34: 132
 - 27) Steen C: *Humeral shaft fractures, operative and conservative treatment*. *Acta Chir Scand* 1967, 133: 455-460
 - 28) Steward TM and Hundley MJ: *Fractures of the shaft of humerus -A comparative study in methods of treatment*. *J Bone and Joint Surg* 1955, 37-A : 681-692
 - 29) Urist MR, Mazet R and Mclean FC: *The pathogenesis and treatment of delayed union and nonunion*. *J Bone and Joint Surg* 1954, 36-A : 931
 - 30) Wilson JN: *Watson - Jones Fractures and Joint injuries*, 6th ed. Edinburg, Churchill Livingstone co 1982, 24-29