

자가압박금속판을 이용한 전박골 간부골절의 치료

서울적십자병원 정형외과

문창훈 · 손치동 · 김용주

= Abstract =

Treatment of Diaphyseal Fractures of the Radius and Ulna with Dynamic Compression Plates — A Retrospective Study of 52 Fractures in 33 Patients—

Chang Hoon Moon, M.D., Chi Dong Sohn, M.D. and Yong Ju Kim, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Seoul Red Cross Hospital, Seoul, Korea

Reduction of displaced diaphyseal fractures of the radius and ulna in adult must be nearly anatomical for restoration of normal function. Most of the fractures require operative management, and various methods of open reduction and internal fixation have been recommended.

Because we believe that anatomical reduction followed by rigid internal fixation provides the most satisfactory results for these injuries, dynamic compression plating method is frequently used in our hospital.

We studied 52 diaphyseal fractures of the forearm bone in 33 patients treated at the S.R.C.H. from May 1980 to December 1985.

Of the 33 patients, 20 had fractures of the radius and ulna; 6, fractures of the radius only; and 7, fractures of the ulna only.

The fractures of both bones were treated with plate and screws in 19 patients. In another one, the ulna was treated with plate and screws and the radius was treated by screw fixation only.

The results were as follows:

1. Of the 52 fractures, 51(98.1%) were united after the initial operation within 23 weeks.
2. The average time for radiological union of the fracture, excluding those complicated by infection or non-union, was 11.1 weeks for 24 radii and 10.9 weeks for 25 ulnae.
3. Only one patient(3.0%) was complicated by infection and only one(1.9%) non-union of radius occurred.
4. The functional results were excellent or satisfactory in 25 patients(83.3%).
5. We have found that in adults the auto compression plating is a successful method for the diaphyseal fractures of the forearm.

Key Words: Fracture, Diaphysis, Radius, Ulna, Auto compression plate.

서 론

전박골 간부골절은 그 치료에 있어서 여타의 장관골 골절과는 다른 특수한 문제점을 갖는다. 전박골부는 평행하면서도 특이한 만곡에 의해 일정한 간격을 유지하고 있는 두개의 장골로 이루어져 있으며, 이 두개의 장골은 주관절과 완관절의 형성에 참여함은 물론 서로간에 상하관절을 형성하여 외회

전 및 내회전 운동을 가능케 하고있다. 또한 전박골부에 존재하는 굴근이나 신근, 외회전근이나 내회전근들은 전박골 간부골절시 그 정복 및 유지를 어렵게 하고 있다^{10, 17, 18}.

이러한 해부학적 특이성으로 인하여 골절치료의 궁극적 목표라 할 수 있는 골유합이나 정상기능의 회복에 어려움이 따르게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 두 골의 정상길이가 유지되고 회전 및 굴곡변형이 없도록 정확한 해부학적 정복을 시

행하고 조기운동이 가능토록 견고한 내고정을 하는 방법이 좋은 것으로 받아들여지고 있다.

따라서 본 서울직립자병원 정형외과에서도 관절적 정복의 적응이 되는 전이된 전박골 간부골절의 치료에 자가압박 금속판 내고정술을 주로 시행하고 있는 바, 최근 약 5년반에 걸쳐 시술한 33명 환자 52례의 골절에 대하여 그 결과를 분석하여 문헌고찰과 함께 보고하는 바이다.

연구대상 및 방법

1980년 5월부터 1985년 12월까지 만 5년 8개월간 본 서울직립자병원 정형외과에 입원하여 관절적 정복을 시행하고 자가압박금속판(*autocompression Plate; Osteo*사 제품)으로 내고정한 전박골 간부골절 환자중 6개월이상 원격추시가 가능하였던 33명 환자 52골절례에 대하여 외래기록, 입원기록, 수술기록 및 방사선 사진등을 토대로 분석하였다.

증례분석

총 33명중 20명은 양골골절이었고, 요골 단독골절이 6명, 척골 단독골절이 7명이었다.

양골골절 20명중 1명에서는 요골에 나사못을 사용하였으므로 자가압박금속판으로 내고정한 요골골절은 총 25례(양골 19례, 요골 6례), 척골골절은 총 27례(양골 20례, 척골 7례)였다. 신선골절인 경

우가 30명(양골 18례, 요골 6례, 척골 6례)이었고, 이중 6(양골 5명 9례, 척골 1명)이 개방성 골절이었으며, 불유합으로 내원한 진구성 골절이 3명(양골 2명 4례, 척골 1명)이었다(Table 1).

연령분포는 최소 15세, 최고 70세로 평균 36.5세였으나, 남녀비 및 좌우비에 있어서는 각각 26:7과 7:26으로 남자 및 우측에 훨씬 많았다.

골절원인은 교통사고 12명, 운동이나 보행중 넘어진 경우가 11명, Belt나 기계에 말린 경우가 5명, 추락 3명, 직접충격(*direct blow*) 2명등의 순이었으며, 동반손상(12명)은 다발성골절(4명)이나 동측 상지골절(4명)인 경우가 많았다.

30명의 신선골절인 경우에서 대부분(28명) 수상 후 수술까지의 기간은 3주 이내였으며, 동반손상으로 38일간 지연된 경우가 1명, 수상후 22일만에 내원한 경우가 1명이었다. 3명의 진구성 불유합 환자중 양골골절 1명의 경우는 개방성 골절에 의한 감염이 있어 불유합된 경우였고 양골골절 1명과 척골골절 1명은 접골원에서 석고고정한 후 불유합되어 내원한 환자였다.

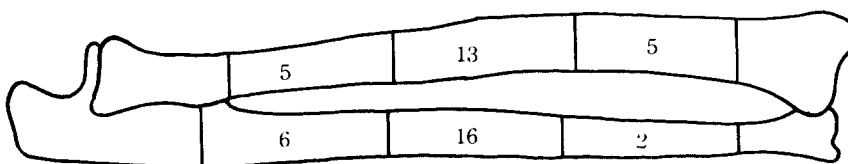
신선골절 30명 47례(요골 23, 척골 24)에서 골절 위치는 중간부가 29례(요골 13, 척골 16)로 가장 많았고 근위부가 11례(요골 5, 척골 6), 원위부가 7례(요골 5, 척골 2)였다(Fig. 1).

신선골절 30명 47례에서 골절양상은 횡골절이 22례(46.8%; 요골 12, 척골 10)로 가장 많았다(Table 2).

Table 1. Number of fractures treated by auto compression plating

	Fresh		Old		Total
	Closed	Open	Closed	Open	
Radius only (6)	6	0	0	0	25
Radius (19)	13	4	1	1	
Both					
Ulna (20)	13	5	1	1	27
Ulnar only (7)	5	1	1	0	
Total	47		5		52

Radius : 23



Ulna : 24

Fig. 1. Location of fracture in 47 fresh cases.

치료방법

요골골절이 골절하부 1/2에 있을 때는 전방 Henry 씨 도달법으로 골전면에 압박금속판을 부착하며, 상부 1/2에 있을 때는 후방 Thompson 씨 도달법으로 골 배면에 금속판을 부착하였다. 중간 1/2부위에서는 어느 도달법으로도 가능하였다.

척골은 후연을 따라 절개하여 노출시킨 다음 전후면중 부착이 용이한 곳에 금속판을 부착하였다.

양골골절의 경우에는 양골을 동시에 노출시켜 정복을 시행한 다음 금속판의 부착이 더 용이한 골을 먼저 고정하였다.

내고정에 사용한 자가압박금속판은 두께 2mm, 폭 11mm의 Osteo 사 제품으로 4-Hole(길이 44mm) 10례, 5-Hole(길이 57mm) 14례, 6-Hole(길이 67mm) 26례, 7-Hole(길이 77mm) 2례였으며, 최소한 2개의 나사못(직경 3.5mm cortical sc-

rew)이 골절선에서 충분히 떨어진 곳에서 각각의 골편에 견고히 고정될 수 있도록 하였다(Fig. 2).

총 33명중 8명의 환자에서 1차 수술시에 자가장골이식을 시행하였는데 진구성 불유합인 경우(3례)였거나, 수상후 3주이상 수술이 지연되었거나(2례), 분쇄가 심하여 골유합이 의심스러웠던 경우(3례)였다.

술후 고정은 일단 장상지부목(long arm splint)으로 하고, 분쇄가 없고 내고정이 충분히 견고하며 환자가 잘 협조할 수 있을 것으로 생각되는 경우에는 수술환부가 치유된 후 바로 제거하였고, 분쇄가 심하거나 견고한 내고정이 이루어지지 않았다고 여겨지는 경우, 환자의 충분한 협조를 기대하기 어려운 경우(특히 퇴원하는 경우에 있어서), 또는 골이식을 시행한 경우에서는 장상지 석고고정(long arm cast)으로 바꾸어 주고 추시방사선 사진상 골 간격을 건너가는 가골이 뚜렷하게 나타나 어느 정도 충분한 유합이 이루어졌다고 생각될 때까지 이를 유지시켰다. 따라서 합병증없이 치유된 31명 환자(양골 18, 요골 6, 척골 7)에서의 외고정은 최소 2주 최고 9주 평균 5.9주였다.

치료결과

골절치료의 궁극적 목표가 골유합과 기능회복에 있다고 할 수 있고, 여기에서 사용한 자가압박금속판을 이용한 관혈적정복 및 내고정의 치료법이 이런 목적을 위해서 시행되었으므로 이 두가지를 기준으로 치료결과를 판정하였다.

Table 2. Type of fracture in 47 fresh cases

	Transverse	Segmental or comminuted	Oblique or spiral
Radius only (6)	3	2	1
Radius (17)	7	9	1
Both			
Ulna (18)	9	6	3
Ulna only (6)	3	2	1
Total	22	19	6

Fig. 2. A) Preoperation X-ray B) Postoperation X-ray.

Table 3. The criteria of the functional results

Excellent	: Union with less than 10 degrees loss of flexion-extension and less than 25 per cent loss of pronation-supination.
Satisfactory	: Union with less than 20 degrees loss of flexion-extension and less than 50 per cent loss of pronation-supination.
Unsatisfactory	: Union with more than 30 degrees loss of flexion-extension and greater than 50 per cent loss of pronation-supination.
Failure	: Non-union with or without loss of motion.

(by Anderson, 1975)⁷⁾.

방사선 추시상 골절선을 건너가는 골소주(bridging trabecula)가 형성되면서 골절선이 폐쇄되어갈 때를 골유합의 시기로 판정하였으나, 실제로 압박금속판을 이용한 치료에서 방사선상 골절선이 뚜렷하게 보이지 않는 경우가 많고, 고정이 견고하여 골막성 및 골내막성가골 형성이 거의없는 경우가 많고, 방사선추시 사진촬영이 짧은 간격으로 자주 시행되지 않은(대개 4주 이상의 간격이었음)등의 이유로 해서 정확한 골유합의 시기를 판정하는데에는 어려움이 있었다. 기능적 결과의 평가는 Anderson⁷⁾의 평가방법을 기준으로 하였다(Table 3).

1. 골유합

양골골절: 20명의 환자(비개방성 신성골절 13명, 개방성 신성골절 5명, 진구성 불유합 2명)중 요골 골절을 나사못만으로 고정한 1명을 제외한 19명은 양골 모두 자가압박금속판으로 치료하였으므로 결국 자가압박금속판으로 치료한 골절은 요골 19례, 척골 20례였다.

요골을 나사못으로 고정한 예는 기계손상에 의해 전박부 연부조직 손상이 심하여 내원 즉시 창상치치후 내고정을 시행하였던 경우도 감염이 되었으나 척골은 23주에 완전 유합되었고, 요골은 불유합되어 수상후 9개월에 자가골이식술을 시행하여 치료하였다.

기타 4례의 개방성 신성골절 환자중 3례는 변연절제후 1차 봉합한 개방창이 치유될 때까지 수술을 지연(각각 14, 19, 21일)시켰으며 1례에서는 개방창이 심하지 않아 수상후 2일에 수술하였는데 4례(8골절) 모두 12주 이내에 골유합이 이루어졌다. 2명(4골절)의 진구성 불유합 환자는 내고정 및 자가장골이식술후 각각 10주, 14주에 유합되었다.

비개방성 신성골절중 분쇄골절이었으나 골이식을 시행하지 않은 1례에서 방사선 추시상 요골골절부에 골흡수가 일어나면서 전혀 골절치유의 증거가 나타나지 않아 1차 수술후 114일(16.3주)에 다시 자가압박금속판으로 내고정하고 자가장골이식술을 시행하여 2차 수술후 12주만에 골유합을 얻었는데

2차 수술을 시행하지 않았을 경우 불유합이 필연적일 것으로 사료되었으므로 1차 치료결과를 불유합으로 판정하는 것이 타당할 것으로 사료되었다. 따라서 20명 39례의 골절중 감염 1례, 불유합 1례의 합병증이 발생하였으며, 합병증이 없었던 18명 36례(진구성 불유합 2명 4례포함)에서의 골유합 기간은 최소 5.2주, 최장 16주, 평균 11.4주였다.

요골골절: 요골 단독골절 6명 모두 비개방성 신성골로 모두 16일이내에 수술을 시행하였으며 특별한 합병증이 없이 치유되어 평균 골유합 기간은 10.3주였다.

척골골절: 척골 단독골절 7명의 환자중 3례가 Monteggia씨 골절-탈구였다. 이중 접골원에서 치료하다가 내원한 진구성 골절-탈구 1례에서는 척골을 관혈적 정복후 자가압박금속판으로 내고정하고, 자가장골이식술을 시행한 다음 요골 골두를 절제하였으며, 수상후 즉시 내원한 2례(1례는 개방성)에서는 요골 골두를 비관혈적 정복으로, 척골은 자가압박금속판으로 치료하였다. 나머지 4례의 척골 단독골절은 모두 10일 이내에 수술하여 12주 이내에 골유합을 얻을 수 있었다. 척골의 평균 골유합 기간은 9.5주(4.8~13.1주)였으며, 교차유합, 요골 신경마비, 고정실패등의 특별한 합병증은 발생하지 않았다.

이상의 결과를 종합할 때 요골골절 24례(불유합 1례 제외, 진구성 2례포함)에서의 평균 골유합기간은 11.1주였고, 척골골절 26례(감염 1례 제외, 진구성 3례포함)의 평균 골유합 기간은 10.9주였으며, 33명, 52골절에서 발생한 합병증은 감염 1례(3.0%) 불유합 1례(1.9%)였다.

2. 기능적 결과

총 33명중 기능에 관한 기록이 미비한 3명은 평가대상에서 제외하였다. 30명에 관한 기능적 평가 결과는 25명(83.3%)에서 우수(excellent) 및 양호(satisfactory)한 결과를 보여주었다. 불량(unsatisfactory)한 결과를 가져온 4례는 진구성 불유합 3례

Table 4. Functional results in 30 patients

	Excell.	Sat.	Unsat.	Failure
Both bones (19)	12	3	3*	1
Radius only (6)	4	2	0	0
Ulna only (5)	3	1	1*	0
Total	19	6	4	1

*Two old non-union and one infected case

*old Monteggia fracture

와 연부조직 손상이 심했던 개방성 양골골절에 요골골절은 나사못으로 고정하여 척골골절은 자가압박금속판으로 고정한 후 감염이 동반되었던 1례였다.

따라서 합병증이 발생되었던 2례를 제외하면 모든 신전골절에서 우수 내지 양호한 결과를 얻을 수 있었다(Table 4).

고 찰

전박부는 특이한 해부학적 구조를 가진다. 척골은 직선적인 구조를 가진 반면, 요골은 복잡한 만곡을 이루고 있으며 두골사이의 골간막은 요골의 회전시 경첩(hinge) 역할을 하고 있다. 또한 회외근(supinator), 원회내근(pronator teres), 방형회내근(pronator quadratus), 이두박근(biceps brachii)을 비롯하여 모지 외전근(abductor pollicis), 상박요골근(brachioradialis), 신전-회외근군(extensor-supinator group), 굴곡-회내근군(flexor-pronator group) 등이 존재하여 이의 영향으로 굴곡 및 회전변형, 중첩등을 쉽게 일으키고 부정유합(malunion)이나 불유합(non-union)의 빈도가 높아 기능적 장애를 유발하는 경우가 많다^{14, 17, 20, 28)}.

따라서 요골과 척골골절의 치료에서 만족할만한 결과를 얻기 위해서는 골의 정상길이를 유지하고 회전 및 굴곡 변형을 방지하며, 요골의 만곡유지는 물론 골간격을 잘 유지해 주는 등 정확한 해부학적 정복이 필수적인 것으로 받아들여지고 있다. Sarmiento는 기능적 보조기(functional brace)를 사용한 보존적 치료로 좋은 결과를 얻었다고 발표하였으나^{28, 29)}, 많은 경우에는 관혈적 정복 및 내고정이 요구되고 있어 Standard plate^{11, 27)}, Egger's slotted plate¹¹⁾, Rush rods¹¹⁾, Sage nail²⁶⁾, Square nail¹⁹⁾ 기타 특수한 형태의 plate^{10, 18)} 등의 여러 가지 내고정 방법이 고안 사용되어 왔으며 보다 견고한 내고정 방법을 사용할 수 있게 됨에 따라 보다 나은 치료결과를 얻게 되었다^{10, 11, 13-16, 19, 26, 27, 30)}. 1

1949년 Danis가 처음으로 압박금속판을 고안하

여 골절치료에 적용하기 시작한 이래, 이는 여러가지 형태로 발전이 되어왔으며⁸⁾, 전박골 간부골절의 치료에도 널리 사용되어 좋은 결과가 보고 되었고^{7, 18)}, 국내에서도 압박금속판으로 내고정한 경우에 골유합 및 기능적 결과가 가장 좋다고 보고되고 있다¹⁻⁶⁾.

근간에는 수술시 절개길이가 짧으면서도 충분한 압박을 얻을 수 있으며, 각도를 주어서 나사못을 박거나 cancellous screw를 삽입 가능함은 물론 나사못의 두부(head)가 금속판 표면에서 돌출되지 않아 고정후 표면이 매끄럽다는 등의 여러 가지 장점을 가진 자가압박금속판(Autocompression plate: A.C.P.)이 널리 사용되고 있다.

골절 부위에서의 압박이 골절치유에 미치는 영향에 대하여는 논란이 많다. 그러나 최소한 자가압박금속판에 의한 압박으로는 골괴사는 일어나지 않는 것으로 되어 있으며, osteogenesis를 촉진시키지는 못한다 하더라도 신생골이 건너가야 할 골편사이의 간격을 줄이고, 골절의 견고한 내고정이 가능하여 골절선을 건너가는 신생혈관의 손상을 방지하므로 골절치유를 용이하게 한다고 한다^{6, 7, 8, 12, 18, 25)}. 한편에서는 견고한(rigid) 고정이 골조송증을 초래하여 골을 악화시켜 재골절의 위험을 높이며, 가골형성을 억제하기 때문에 골유합에 불리하다고 하여 덜 견고한(semi-rigid) 고정을 주장하기도 한다^{12, 21, 22, 32, 33)}.

피질골과 피질골 사이의 소위 일차골치유(primary bone healing)로 골절유합이 가능하고^{8, 24)}, 술후 조기운동이 가능하여 신속한 기능회복을 도모할 수 있는 장점이 있기 때문에 압박금속판은 장관골 골절의 치료에 널리 사용되고 있다. 특히 전박골 간부골절의 치료에 있어서 특이한 해부학적 구조를 원상복구하고 그 기능을 회복시키는데 우수한 내고정물로 인정된다 하겠다^{1, 2, 7, 13, 31)}.

전박골 골절의 수술적 치료에서 발생할 수 있는 합병증으로 중요한 것은 불유합 내지 지연유합, 감염, 교차유합, 고정실패(fixation loss) 및 요골 신경 손상등을 들 수 있다.

본 치료에에서 1례의 감염이 발생하는데 기계손상에 의하여 연부조직 손상이 심했던 개방성 양골골절을 창상치위와 동시에 척골은 자가압박금속판으로, 요골은 나사못만으로 내고정하였던 경우였다. 척골은 23주만에 유합되었으나 요골은 불유합되어 감염 치료후 자가장골이식술이 필요하였다. 이외 6명의 환자(신전양골골절 4명, 진구성 불유합 1명, 신전척골골절 1명)가 개방성 골절이었는데 개방창이 미미하였던 2례를 제외한 4례에서 개

방창 치유후 수술이 시행되었으며(수상후 14일~6.5개월) 감염은 없었다. 따라서 개방성 골절의 압박금속판 내고정 수술은 개방창이 완전 치유되고 감염의 증거가 없을 때까지 지연시키는 것이 합리적인 것으로 사료된다 하겠다. 1명의 양골골절(비개방성) 환자에서는 술후 방사선추시 사진상 분쇄골절이었으나 골이식을 하지 않았던 요골에 흡수가 일어나면서 골간격이 뚜렷해져 골절치유를 기대하기 어려웠으므로 1차수술후 114일(16.3주)에 자가장골이식술을 시행하여 12주만에 골유합을 얻을 수 있었다. 본 예는 6개월 이상 기다린다 하더라도 골유합이 이루어지지 않을 것으로 사료되었기 때문에 1차 수술의 치료결과를 불유합으로 판정한 예이다. 진구성 불유합이거나 분쇄골절이거나 수술이 3주이상 지연된 경우, 자가장골이식술을 시행하였는데 8례 모두 골유합을 얻을 수 있었다. 따라서 자가장골이식술을 골유합 촉진효과가 있는 것으로 사료되며, 불유합된 예도 분쇄골절인데도 골이식을 시행하지 않는 것이 원인의 하나라고 생각되었다.

교차유합(synostosis)은 골이식에 있어서의 기술적 문제에 의한 경우가 많은 것으로 지적되고 있으며^{1,3,5,22)}, 본 치료예에서는 총 8명의 환자에서 자가장골이식을 시행하였으나 교차유합을 발생하지 않았다.

압박금속판을 이용한 전박골 간부골절 치료에서 고정실패는 주로 나사못의 이완(loosening)이므로 최소한 2개의 나사못이 각각의 골편의 양피질골에 단단하게 고정되어야 한다고 한다¹⁹⁾. 이를 고려하여 충분한 길이의 금속판을 사용한 결과 고정실패에는 없었으며 쇼술후 요골 신경마비도 발생하지 않았다.

결론적으로 양골편이 온전한 피질에 최소한 2개의 나사못이 견고하게 고정할 수 있도록 충분한 길이의 금속판을 선택하고, 개방성 골절인 경우 수술을 충분히 지연시키도록 하며, 분쇄골절이거나 수술이 지연되었거나 진구성 불유합인 경우에는 자가장골이식술을 병행하는 등의 일반적인 원칙^{7,9,23)}을 잘 준수하여 시행한다면 관혈적 정복 및 자가압박금속판 내고정술은 성인의 전위된 전박골 간부골절의 치료에 우수한 방법이라고 사료된다.

결 론

서울 적십자병원 정형외과에서는 1980년 5월부터 1985년 12월까지 만 5년 8개월간에 걸쳐 관혈적 정복후 자가압박금속판으로 내고정하여 치료한

전박골 간부골절 환자중 6개월 이상 원격추시가 가능하였던 33명 52골절례를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 52골절례중 1례를 제외한 51례(98.1%)에서 1차 수술로 골유합을 얻을 수 있었다.
2. 합병증은 감염 1례(3.0%), 불유합 1례(1.9%)였다.
3. 합병증이 있었던 2례를 제외한 요골골절 24례 및 척골골절 26례의 평균 골유합 기간은 각각 11.1주 및 10.9주였다.
4. 기능적 결과는 우수 19명(52.8%), 양호 6명(30.5%)으로 우수 및 양호한 결과가 25명(83.3%)였다.
5. 이상에 의할 때, 자가압박금속판 내고정술은 전박골 간부골절 치료에 우수한 방법의 하나라고 생각된다.

REFERENCES

- 1) 박호윤·조덕연·김기용: 전박부 골절의 압박금속판내고정술. 대한정형외과학회지, 15:665-674, 1980.
- 2) 박성국·김한규·오상근·강치준: 전완부 골절의 임상적 고찰. 대한정형외과학회지, 20:103-110, 1985.
- 3) 정인화·배대경·유명철·김봉진: 요골 및 척골 골간골절의 치료에 압박금속판내고정술, 대한정형외과학회지, 15:43-50, 1980.
- 4) 최창욱·나수군·최완석·송가이·권재욱: 성인의 전완골 간부골절의 임상적 고찰. 대한정형외과학회지, 19:339-350, 1984.
- 5) 홍광표·박병문·정인회: 전박부 간부골절의 임상적 고찰. 대한정형외과학회지, 15:51-60, 1980.
- 6) Anderson, L. D.: *Compression plate fixation and the effect of different types of internal fixation on fracture healing.*
- 7) Anderson, L. D. and Sisk, D.: *Compression plate fixation in acute diaphyseal fractures of the radius and ulna. J. Bone Joint Surg., and 57-A:287-296, 1975.*
- 8) Bagby, G. W. and Janes, J. M.: *The effect of compression on the rate of fracture healing using a special plate. Am. J. Surg., 95:761-771, 1958.*
- 9) Bagby, G. W.: *Compression bone plating. J. Bone and Joint Surg., 59-A:625-631, 1977.*

- 10) Burwell, H.N. and Charnley, A.D.: *Treatment of forearm fractures in adults with particular reference to plate fixation.* *J. Bone and Joint Surg.*, 46-B: 404-425, 1964.
- 11) Caden, J.C.: *Internal fixation of the fractures of the forearm.* *J. Bone and Joint Surg.*, 43-A: 1115-1121, 1961.
- 12) Clark, H.B., Jr. and Hayes, P.A.: *A Study of the Comparative effects of "Rigid" and "Semi-rigid" Fixation on the Healing of fractures of the mandible in dogs.* *J. Bone and Joint Surg.*, 45-A: 731-741, 1963.
- 13) Dodge, H.S. and Cady, G.W.: *Treatment of fractures of the radius and ulna with compression plates.* *J. Bone and Joint Surg.* 54-A: 1167-1176, 1972.
- 14) Evans, E.M.: *Fractures of the radius and Ulna.* *J. Bone and Joint Surg.*, 33-B: 548-561, 1951.
- 15) Hicks, J.H.: *Fractures of the forearm treated by rigid fixation.* *J. Bone and Joint Surg.*, 43-B: 680-687, 1961.
- 16) Hughston, J.C.: *Fracture of the distal radial shaft. Mistakes in management,* *J. Bone and Joint Surg.* 39-A: 249-264, 1957
- 17) Hughston, J.C.: *Fracture of the forearm.* *J. Bone and Joint Surg.*, 44-A: 1664-1667, 1962.
- 18) Lettin A.W.F.: *Effect of rigid internal fixation on the mechanical properties of healing cortical bone.* *J. Bone and Joint Surg.*, 51-B: 177, 1969.
- 19) Marek, F.M.: *Axial fixation of forearm fractures.* *J. Bone and Joint Surg.* 43-A: 1099-1114, 1961.
- 20) Matthews, L.S. and Kaufer, H.: *The effect on supination/pronation of angular malalignment of fractures of both bones of the forearm.* *J. Bone and Joint Surg.*, 64-A: 14-17, 1982.
- 21) Mckibbin B.: *The biology of fracture healing in long bones.* *J. Bone Joint Br, Surg.* 60-B: 150-62, 1978.
- 22) Muller, M.E., Allgower. and Willeneger, H.: *Manual of internal fixation.* 2nd Ed. pp. 182-187, New York, Springer-Verlag Co., 1979.
- 23) Paavolainen P, Karaharju E, Slati P. Ahonen J and Holstrom T.: *Effect of rigid plate fixation on structure and mineral content of cortical bone.* *Clin Orthop.*, 136:287-93, 1978.
- 24) Rahn, B.A., Gallinaro, P., Baltensperger, A. and Perren, S.M.: *Brief Note. Primary Bone Healing. An experimental study in the rabbit.* *J. Bone and Joint Surg.*, 53-A: 783-786, 1971.
- 25) Rand, J.A., K.N., Chao, E.V.S. and Kelly, P. J.: *A comparison of the effect of open intramedullary nailing and compression plate fixation on fracture-site blood flow and fracture-union.* *J. Bone and Joint Surg.*, 63-A: 427-442, 1981.
- 26) Sage, F.P.: *Medullary fixation of fractures of fractures of the forearm. A study of the radius treated with a prebent triangular nail.* *J. Bone and Joint Surg.* 41-A: 1489, 1959.
- 27) Sargent, J.P. and Teipner, W. A.: *Treatment of forearm shaft fractures by double-plating.* *J. Bone and Joint Surg.*, 47-A: 297-303, 1975.
- 28) Sarmiento, A and Cooper, J.S.: *Forearm fractures.* *J. Bone and Joint Surg.*, 57-A: 297-303, 1975.
- 29) Sarmiento, A. and Kinmam, P. B.: *Treatment of ulnar fractures by functional bracing.* *J. Bone and Joint Surg.*, 58-A: 1104-1107, 1976.
- 30) Smith, H. and Sage, F.P.: *Medullary fixation of forearm fractures.* *J. Bone and Joint Surg.*, 39-A: 91-98, 1957.
- 31) Smith, J.E.M.: *Internal fixation in the treatment of fractures of the shaft of the radius and ulna in adults.* *J. Bone and Joint Surg.*, 41-B: 122, 1959.
- 32) Tayton, K., Mckibbin, B. and Bradley, J.: *The use of Semi-Rigid Carbon-Fiber-Reinforced plastic plate for fixation of humar fracture.* *J. Bone and Joint Surg.*, 64B: 105-115, 1982.
- 33) Woo, S. L. Y.: Akeson, W. H.: Coutts, R.D.: Rutherford, Ladd: Doty, David: Jemmott, G. F. and Amiel. David; *Comparison of Cortical Bone Atrophy secondary to fixation with plates with large differences in bending stiffness.* *J. Bone and Joint Surg.*, 58-A: 190-195, 1976.