

AO 분류 C3 원위 요골 골절에서 금속판 고정술

문은선 · 김명선 · 박형원 · 최민선

전남대학교 의과대학 정형외과학교실

목 적: 저자들은 AO 분류 C3 원위 요골 골절에서 금속판을 이용한 내고정술 시 임상적 및 방사선학적 결과에 대해서 알고자 하였다.
대상 및 방법: 18예를 대상으로 하였고, 평균 추시 기간은 16개월이었다. 남자가 12명, 여자가 6명이었고, 평균 연령은 47.1세였다. AO 분류에서 C3.1이 9예, C3.2가 5예, C3.3가 4예였다. 임상적으로 Green & O'Brien's score 및 Demerit Point system을 이용하였고, 방사선학적으로 수술 직후와 최종 추시의 요골 길이, 요골 경사각, 수장측 경사각, Sarmiento Criteria로 평가하였다.

결 과: Green & O'Brien's score에서 우수 5예, 양호 7예, 보통 6예였고, Demerit Point system에서는 우수 5예, 양호 6예, 보통 7예였다. 수술 직후 및 최종 추시상 비교에서 요골 길이, 요골 경사각 및 수장측 경사각의 변화는 통계학적 의의가 없었다. Sarmiento criteria로는 우수 8예, 양호 4예, 보통 6예였다.

결 론: AO 분류 C3형의 골절에서 금속판 고정은 술 후 정복 소실이 거의 없는 견고한 고정을 할 수 있고 조기 재활이 가능한 좋은 치료 방법으로 생각한다.

색인 단어: 원위 요골 골절, AO 분류 C3형, 금속판 고정

Plate Fixation of AO Type C3 Fractures of the Distal Radius

Eun-Sun Moon, M.D., Myung-Sun Kim, M.D., Hyeong-Won Park, M.D., Min-Sun Choi, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, College of Medicine, Chonnam National University, Gwangju, Korea

Purpose: To evaluate clinical and radiographic results of open reduction and internal fixation with plate in AO type C3 distal radius fracture.

Materials and Methods: We treated 18 fractures and the mean follow up was 16 months. The average age was 47.1 years old, 12 male and 6 female were included. There were 9 C3.1 fracture, 5 C3.2 and 4 C3.3. Green & O'Brien's modified clinical scoring system and Demerit Point system were applied to evaluate clinical results, for radiographic evaluation, radial length, radial inclination, volar tilt, and Sarmiento's Criteria for Anatomic results were assessed.

Results: Clinical results were 5 of excellent, 7 of good, and 6 of fair by Green & O'Brien's score and were 5 of excellent, 6 of good, and 7 of fair by Demerit point. There was no significant difference of radiographic results between immediate post-operation and last follow-up, and Sarmiento's Criteria showed 8 excellent, 4 good, and 6 fair.

Conclusion: The open reduction and internal fixation with plate in AO type C3 distal radius is considered as a good treatment method that particularly benefits from fracture stable fixation without fixation loss and early rehabilitation.

Key Words: Distal radius fracture, AO type C3, Plate fixation

통신저자 : 김 명 선

광주시 동구 학동 8번지

전남대학교 의과대학 정형외과학교실

Tel : 062-220-6336 • Fax : 062-225-7794

E-mail : rhamses@chol.com

접수: 2009. 3. 10

심사 (수정): 2009. 4. 20

게재확정: 2009. 6. 15

Address reprint requests to : Myung-Sun Kim, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, College of Medicine, Chonnam National University, 8, Hak-dong, Dong-gu, Gwangju 501-757, Korea

Tel : 82-62-220-6336 • Fax : 82-62-225-7794

E-mail : rhamses@chol.com

서 론

원위 요골 골절은 전체 골절에서 약 10%에서 25%의 빈도를 보이는 매우 흔한 골절이다¹⁵⁾. 특히 분쇄가 심한 AO 분류 C3형 원위 요골 골절은 수근관절에 기능적 요구가 높은 활동이 많은 젊은 연령층의 환자에서 고 에너지에 의해서 발생하며^{10,13,31)}, 골간단의 골 결손 및 골절이 골간으로 확장되기 때문에 해부학적 정복을 얻는데 많은 어려움이 있다. 이와 같은 골절의 치료의 목적은 견고한 고정 및 해부학적 정복이며^{6,9,27)}, 이는 관절면의 해부학적 회복 및 요골 길이, 요골 경사각, 수장측 경사각의 회복을 의미한다. 따라서 이상적인 고정 방법은 만족할 만한 정복을 유지할 수 있으며, 조기관절 운동을 가능하게 하여 수근관절의 강직이나 폐용성 위축을 예방할 수 있어야 한다^{14,33)}.

원위 요골 골절의 치료에는 도수 정복 및 석고 붕대 고정, 경피적 핀 고정술, 외고정, 내고정 등 여러 가지가 있다. 관절 내 분쇄가 심한 골절에서 인대신연 (ligamentotaxis)에 의해 원위 요골의 해부학적 정렬을 얻을 수 있다는 원리하에 외고정 장치를 이용하였으나, 골절편의 고정이 견고하지 못하며, 조기 관절 운동이 어렵고 수근관절 강직 등의 단점으로^{21,35)}, 최근에는 분쇄가 심한 원위 요골 관절 내 골절에서도 금속판을 이용한 관혈적 정복 및 내고정술을 시행하여, 양호한 결과를 보고하고 있다^{23,30)}.

이에 저자는 관절면 분쇄 골절을 동반한 원위 요골 골절 (AO 분류 C3형)에서 금속판 고정술의 유용성에 대해 알고자 하였다.

대상 및 방법

1. 대상

2004년 2월부터 2008년 2월까지 술 후 6개월 이상 추시가 가능하였던 18예에 대해 연구하였으며, 평균 추시 기간

은 16개월 (6~43개월)이었다. 남자가 12명, 여자가 6명이었고, 평균 연령은 47.1세 (21~70세)였다. 골절의 분류는 단순 방사선 전후면 및 측면 촬영과 컴퓨터 단층 촬영 소견에 따라 AO 분류를 기준으로 하였다. 이 분류법은 요골 원위부 관절면의 침범 여부, 골절편의 개수와 위치 그리고 골 간단부 침범 여부에 기초를 둔 분류법이라 할 수 있겠으며, C3.1이 9예로 가장 많았으며, C3.2가 5예, C3.3가 4예였다 (Table 1). 내고정 방법은 고식적 T형 금속판 수장측 고정이 1예였으며 나머지 17예는 잠김 금속판을 사용하였다. 17예 가운데 13예는 수장측 잠김 금속판만을 이용한 고정을, 3예는 수장측 잠김 금속판과 외측지지 금속판 고정을, 1예는 외측지지 금속판 고정 실시하였다 (Fig. 1). 분쇄 정도가 심하여 금속판만으로 정복 유지가 힘든 골절의 경우에는 추가적인 K-강선을 이용하여 안정된 고정을 얻었다. 또한 골 결손을 보인 경우에서도 추가적인 골 이식 또는 골대체제를 사용하지 않았다. 술 후 3주 (1~4주)간 장상지 석고붕대 부목 고정을 시행하였으며, 부목 고정된 상태에서 수술 후 다음날부터 수지운동을 실시하여 중수 수지 관절 등의 강직 및 부종을 예방하였고, 술 후 평균 3주째부터 탈착이 가능한 단상지 부목을 대어 수근 관절 운동의 수동적 및 능동적 관절 운동을 허용하였으며 관절 운동 범위의 증가에 주안점을 두고 치료를 하였다.

2. 임상적 평가

임상적으로는 Green & O'Brien의 modified clinical scoring system⁸⁾을 이용하여 평가하였으며, 이는 동통여부, 기능적 상태, 운동 범위 그리고 파악력 각각에 대해 최대 25점씩을 부여하여 총 100점으로 하여 총점수를 우수 (Excellent), 양호 (Good), 보통 (Fair), 불량 (Poor)의 4단계로 나누어 평가하였다. 또한 Sarmiento의 Demerit point system^{3,28)}을 추가적으로 사용하였는데 이는 최종 추시 시점에서의 잔류변형, 주관적 평가, 임상 검사와 방사선적 검사 및 합병증의 유무 등을 종합, 기능을 평가하는 방법으로 높은 점수는 저조한 성적을 나타내도록 되어 있으며 우수, 양호, 보통, 불량의 4등급으로 나눈다.

3. 방사선학적 평가

수술 후 방사선학적 치료 결과의 판정은 수술 직후와 최종 추시의 수근 관절의 전후 및 측면 방사선 사진을 촬영하여 요골 길이 (Radial length), 요골 경사각 (Radial inclination), 수장측 경사각 (Volar tilt), 관절 내 층형성 (Step off), 관절 내 간격 (Intra-articular gap)을 측정하여 그 변화를 측정하였다. 요골 길이, 요골 경사각, 측면사진상에서

Table 1. Demographic data

	Average
No. of patients	18
Male/female	12/6
Age (year)	47.1 (21~70)
Follow-up (month)	16 (6~43)
Additional support with splint (week)	3 (1~4)
Type C3	
C3.1	9
C3.2	5
C3.3	4

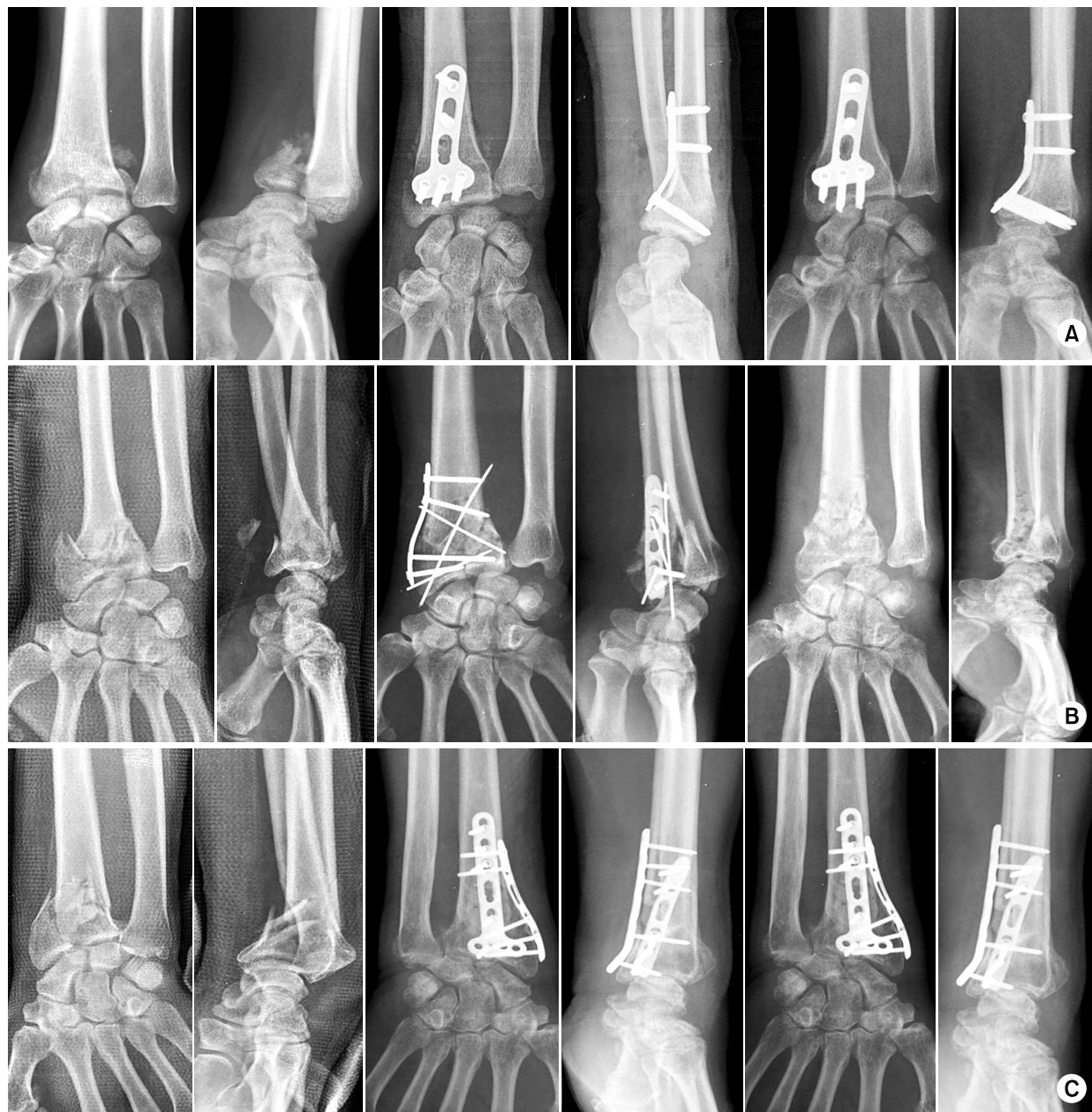


Fig. 1. Anteroposterior and lateral radiographs show different plate fixation according to fracture personality.

(A) Preoperative, immediate postoperative, and last follow up radiographs shows AO C3.1 case with volar plate.

(B) Preoperative, immediate postoperative, and last follow up radiographs show complete AO C3.2 case with lateral buttress plate.

(C) Preoperative, immediate postoperative, and last follow up radiographs shows AO C3.1 case with volar and lateral buttress plate.

수장측 경사각의 측정 결과를 Sarmiento 등²⁹⁾의 해부학적 결과에 대한 기준을 적용하여 요골 원위부의 변형, 요골 단축 (radial shortening), 요골 경사의 소실 (loss of radial inclination), 배측 경사 (dorsal tilt)의 정도를 평가하여 우수, 양호, 보통 그리고 불량 4단계로 나누어 평가하였다.

4. 통계적 분석

통계방법으로는 수술 직후 및 최종 추시의 방사선학적 결과에 대해서 독립표본 t 검정을 사용하였으며, 유의수준은 0.05 ($p < 0.05$)로 검정하였다.

Table 2. Radiographic outcomes

	Immediate	Last F/U	p-value
Radial height (mm)	11.3	10.8	0.313
Radial inclination (°)	23.8	24.2	0.646
Volar tilt (°)	4.5	4.2	0.115

결 과

최종 추시에서 Green & O'Brien의 modified clinical scoring system에 의한 임상적 결과는 총 18예 중 우수 5예, 양호 7예, 보통 6예였으며, Sarmiento의 Demerit Point system에 의한 평가 결과는 우수 5예, 양호 6예, 보통 7예로 양호 이상이 각각 66.7%와 61.1%였다. 방사선학적 평가의 경우 전례에서 골 유합을 얻을 수 있었으며, 수술 직후 및 최종 추시에서 요골 길이는 각각 평균 11.3 mm (5.3~16.1) 및 10.8 mm (4.5~15.8), 요골 경사각은 각각 평균 23.8° (16.5~28) 및 24.2° (17~29.8), 수장측 경사각은 각각 4.5° 및 4.2°였다 (Table 2). 수술 직후 및 최종 추시상 비교에서 요골 길이, 요골 경사각 및 수장측 경사각은 통계적으로 유의가 있는 정복의 소실은 보이지 않았다 ($p>0.05$). 요골 길이, 요골 경사각, 측면사진상에서 수장측 경사각의 측정 결과를 적용한 Sarmiento 등의 해부학적 결과는 우수 8예, 양호 4예, 보통 6예로 양호 이상이 66.7%였다. 또한 1 mm 이상의 요골 원위 관절면의 층 형성은 관찰되지 않았으며, 최종 추시에서 염증, 신경혈관 손상, 반사성 교감신경 이영양증, 불유합 및 지연 유합 등의 합병증이 발생한 예는 없었으나, 1예에서 장무지 신건 파열이 발생하여 건 이전술을 시행하였다. 수술 후 부목 고정 기간은 평균 3주 (1~4주)였다.

고 찰

관절면 분쇄 골절을 동반한 원위 요골 골절 (AO 분류 C3형)은 골간단의 골 결손 및 골절이 골간으로 확장되기 때문에 골절의 정복과 고정의 어려움, 합병증 발생 등의 이유로 만족한 결과를 얻기가 어렵다²⁾. 특히 치료 후에도 외상 후 관절염, 관절면의 불일치, 관절강직, 골절의 재전위, 관절면의 붕괴 등의 합병증이 발생할 수 있다^{5,22,25,26)}.

Rein 등²⁴⁾은 29예의 AO 분류 C3형의 골절에서 수장측 (15예) 및 배측 (14예)의 금속판을 이용한 관혈적 정복술을 시행하였으며, 요골 길이는 각각 평균 14 mm와 12 mm, 요골 경사각은 평균 22°와 22°, 수장측 경사각은 평균 3°와 6°였으며, Green & O'Brien의 modified clinical scoring system에서 양호 이상이 각각 46.7%와 35.7%의 결과를 보

여주었고, 각각 2예, 7예의 합병증을 보고하였다. Schneeberger 등³⁰⁾은 18예의 AO 분류 C3형의 골절에서 4예에서 배측지지 금속판, 1예의 수장측지지 금속판, 14예의 배부 및 수장측 동시 고정을 시행하였으며, Green & O'Brien's score 및 Demerit point에서 83% 및 78%의 양호 이상의 결과를 보고하고 있지만, 6예 (33%)의 합병증이 발생하였다. 본 연구에서는 Green & O'Brien's score, Demerit Point system 및 Sarmiento 등의 해부학적 결과는 양호 이상이 각각 66.7%, 61.1%, 66.7%였다. 요골 길이는 평균 10.8 mm, 요골 경사각은 평균 24.2°, 수장측 경사각은 4.2°로 다른 보고와 비슷하였으며, 합병증은 1예 (0.05%)로 적었다. 이와 같이 원위 요골 골절의 수장측 잠금 금속판을 이용한 관혈적 정복 시, 장무지 신건 및 장무지 굴건의 파열, 신건 및 굴건의 활액막염, 수근관 증후군, 골절의 지연 유합, 불유합 등의 여러 가지 합병증에 대한 보고가 있으며^{32,34)}, 특히 굴건 및 신건의 파열과 활액막염은 금속판의 원위부 위치 및 나사못의 마찰에 의한 자극 때문인 것으로 알려져 있다¹²⁾. 수근관 증후군은 0~22%의 발병률에 대한 보고가 있고, 저자에 따라 수장측 금속판 사용 시 예방적 감압술 시행을 권유하는 보고도 있다⁴⁾. 본 연구에서는 1예의 장무지 신건의 파열이 있었으며, 원인은 나사못의 마찰에 의해 발생하여 건이전술을 시행하였다.

Arora와 Malik¹⁾은 27예의 원위 요골의 관절 내 분쇄 골절에서 외고정 장치를 이용한 연구에서, 요골 길이는 평균 10 mm, 요골 경사각은 평균 19.4°, 수장측 경사각은 평균 3.3°의 결과를 얻을 수 있었지만, 12예 (44.4%)에서 해부학적 정복을 이루지 못하였으며, 9예 (33%)에서 합병증 (6예 염증, 1예 골수염, 2예 정복소실)이 발생하였다. 이처럼 원위 요골의 관절 내 분쇄 골절에서 사용될 수 있는 외고정 장치의 사용은 축성 신연력만으로는 정상적인 수근 관절면의 수장측 경사를 회복하기 어렵고, 관절 내 골절편을 충분히 정복할 수 없을 뿐 아니라, 수근 관절 주위 인대가 파열된 경우에는 인대 신연 (ligamentotaxis)만으로는 골절편의 정복이 어렵다는 단점이 있다. 또한 외고정 장치의 여러 이점에도 불구하고 특히 골절이 약한 골다공증과 동반된 원위 요골 골절 시에는 외고정 장치의 나사못이 충분한 고정력을 얻기 힘들다는 문제점이 있으며, 또한 골절편의 고정이 견고하지 않아 조기 관절 운동이 어렵고 수근 관절이 신연되어 있어 수근 관절 강직, 부정유합, 반사성 교감신경 이영양증 등의 합병증이 발생할 수 있다^{21,35)}.

반면 관혈적 정복 및 금속판을 이용한 내 고정술은 외고정 장치에 비해 정확한 해부학적 정복을 얻을 수 있는 견고한 고정을 통해 조기 관절 운동이 가능하다는 장점이 있어 최근 분쇄가 심한 골절의 경우에도 금속판을 이용한 내 고정술을 일차적으로 시도하는 경향이다^{18,20,23)}. 본 연구의

경우에서는 18예 모두 금속판을 이용한 관혈적 정복술을 시행하였다. 또한 외고정 장치에서 발생할 수 있는 술 후 정복 소실 (reduction loss)의 소견은 없었으며, 외고정 장치에 비해 평균 고정기간이 짧아서 조기 수근 관절 운동을 할 수 있어 조기 일상생활 복귀가 가능하였다.

원위 요골의 관혈적 정복술은 골절편이 주로 후방 전위되어 후방 도달법이 가장 흔히 사용되어 왔으나 신근 지대의 절개가 필요하고, 신전건의 손상이 발생하기 쉽고, 금속판의 고정을 위해 Lister 결절의 절제가 필요한 점 등의 단점을 가지고 있다^{16,27,32}. 최근에는 수장측 도달법은 신전건의 손상이 없고, 배측에 비해 연부 조직이 풍부하여 내고정물이 돌출되거나 만져지는 등의 문제점이 발생하지 않으며, 배측은 후방 피질골의 분쇄가 심한 반면 수장측 피질골은 분쇄가 심하지 않아 해부학적 정복이 용이하며, 견고한 고정을 할 수 있으므로 조기 관절 운동이 가능하다는 장점 때문에 많이 사용되고 있다^{19,24}. 종래의 금속판과는 달리 잠금 금속판 (locking plate)은 나사못의 머리와 금속판 나사 구멍에 나사니 (screw thread)가 존재하여 서로 맞물려 나사못의 움직임이 없어 외고정 장치의 경우 같이 외력이 나사못과 금속판 사이의 서로 맞물린 부분을 통해 피질골에서 금속판으로 전달된다⁷. 따라서 안정성을 얻기 위하여 하부 피질골을 압박할 필요가 없고, 금속판 하부의 피질골 혈류도 보존되고 양측 피질골을 모두 고정해야 할 필요성도 줄어든다³³. 또한 나사니의 존재로 인하여 나사못의 이탈이나 불안정성에도 많은 도움이 된다⁷. 이와 같은 분쇄가 심한 원위 요골의 관절 내 골절의 치료에서 골편 특정 고정 (Fragment-specific fixation)의 개념은 원위 요골 골절을 삼주 (three column)로 나누어 설명하고 있으며, K-강선을 지지하기 위해 다양한 작고 얇은 금속판을 사용하는데 각 골절편의 전위를 일으키는 힘에 독립적으로 저항하도록 고정함으로써 생역학적 안정성을 극대화할 수 있는 개념이다¹⁷. 특히 골다공증이 심하거나 분쇄가 심한 골절 시 고정력을 강화시키는 방법으로 요골 경상돌기, 수, 배부 월상골 관절면에 각각의 금속판을 사용할 수도 있다¹⁸. 골간단부나 관절 내 분쇄가 심한 C2나 C3 형태의 골절인 경우 정복된 골절편의 튼튼한 내고정을 위해 배부 및 수장측 금속판 동시 고정이나 내고정과 외고정을 동시에 함께 할 것을 권유하는 보고도 있지만^{24,25}, 내고정과 외고정을 동시에 시행하는 Rogachefsky 등²⁵의 연구에서 Green & O'Brien의 modified clinical scoring system에서 29%의 양호 이상의 결과를 보였으며, Ring 등²⁴은 배부 및 수장측 금속판을 동시에 고정하는 경우에서 40%의 양호 이상의 결과를 보고하였다. 본 연구에서는 분쇄가 심한 16예의 원위 요골의 관절 내 골절에서 수장측 잠금 금속판을 사용하였으며 임상적으로 62.5%의 양호 이상의 결과를 얻을 수

있었다. 수술 직후 및 최종 추시 방사선 사진을 계측 비교하여 요골 길이, 요골 경사, 수장측 경사의 의미 있는 정복의 소실이 없이 골 유합을 얻을 수 있었으며, 이는 수장측에 고정한 금속판 및 나사못이 연골 하부골을 지지 (subchondral support)함으로써 정복을 유지하여 골간단부의 함몰을 방지하고 뒤따르는 수장측 경사의 감소를 방지하는 것으로 여겨진다.

생활습관 및 의학의 발전으로 건강한 노인층의 인구가 급속히 증가하고 있으며, 심지어 80대 및 90대의 원위 요골의 골다공성 골절 환자들 중에서 많은 수가 수장측 높은 활동성을 가지고 있다. 따라서 이와 같은 환자들에게서 수장전과 같은 적절한 수근 관절의 기능이 회복을 위해 적극적인 치료가 필요하며, 골다공성 원위 요골의 전위된 골절의 치료에서도 금속판을 이용한 관혈적 정복으로 양호한 결과를 보고하고 있다^{11,18}. 본 연구에서 65세 이상의 4명의 환자에게 금속판을 이용한 관혈적 정복술을 시행하였으며, Green & O'Brien의 modified clinical scoring system에서 우수 2예, 양호 1예, 보통 1예의 결과를 보여주었으며, 방사선학적으로도 모든 예에서 양호한 결과를 얻을 수 있었다.

본 연구에서는 다른 골절 분류를 제외한 관절 내 분쇄가 심한 AO type C3 원위 요골 골절에서만 금속판 고정술의 결과에 대해서 알아보고자 하였으며 평균 추시기간이 16개월로 추후 발생할 수 있는 관절염의 유무 및 임상적 결과 변화여부에 대해 장기 추시 및 더 많은 수의 증례를 대상으로 연구가 필요할 것으로 생각된다.

결 론

금속판의 디자인과 해부학적 지식의 발전으로 인해 관절면 분쇄 골절을 동반한 원위 요골 골절에서도 수근관절의 회복을 위해 적극적인 치료가 가능하게 되었으며, 특히 치료가 어려웠던 AO 분류 C3형의 골절에서도 금속판 고정은 술 후 정복 소실이 거의 없는 견고한 고정을 할 수 있고 조기 재활이 가능하여 치료의 주요한 한 방법이 될 수 있을 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- 1) Arora J, Malik AC: External fixation in comminuted, displaced intra-articular fractures of the distal radius: is it sufficient? Arch Orthop Trauma Surg, 125: 536-540, 2005.
- 2) Arora R, Lutz M, Fritz D, Zimmermann R, Oberladstatter J, Gabl M: Palmar locking plate for treatment of unstable dorsal dislocated distal radius fractures.

- Arch Orthop Trauma Surg, **125**: 399-404, 2005.
- 3) **Basset RL**: Displaced intraarticular fractures of the distal radius. Clin Orthop Relat Res, **214**: 148-152, 1987.
 - 4) **Bienek T, Kusz D, Cielinski L**: Peripheral nerve compression neuropathy after fractures of the distal radius. J Hand Surg Br, **31**: 256-260, 2006.
 - 5) **Bradyway JK, Amadio PC, Cooney WP**: Open reduction and internal fixation of displaced, comminuted intra-articular fractures of the distal end of the radius. J Bone Joint Surg Am, **71**: 839-847, 1989.
 - 6) **Cho CH, Bae KC, Kwon DH**: Volar T-locking compression plate for treatment of unstable distal radius fractures. J Korean Fracture Soc, **21**: 220-224, 2008.
 - 7) **Gautier E, Sommer C**: Guidelines for the clinical application of the LCP. Injury, **34**: 63-76, 2003.
 - 8) **Green DP, Brein ET**: Open reduction of carpal dislocation: indication and operative techniques. J Hand Surg Am, **3**: 250-265, 1978.
 - 9) **Grewal R, Perey B**: A randomized prospective study on the treatment on intra-articular distal radius fractures: open reduction and internal fixation with dorsal plating versus mini open reduction, percutaneous fixation and external fixation. J Hand Surg Am, **30**: 764-772, 2005.
 - 10) **Jupiter JB**: Current concepts review: fractures of the distal end of the radius. J Bone Joint Surg Am, **73**: 461-469, 1991.
 - 11) **Jupiter JB, Ring D, Weitzel PP**: Surgical treatment of redisplaced fractures of the distal radius in patients older than 60 years. J Hand Surg Am, **27**: 714-723, 2002.
 - 12) **Kamano M, Koshimune M, Toyama M, Kazuki K**: Palmar plating system for Colles' fractures-a preliminary report. J Hand Surg Am, **30**: 750-755, 2005.
 - 13) **Knirk JL, Jupiter JB**: Intra-articular fractures of the distal end of the radius in young adults. J Bone Joint Surg Am, **68**: 647-659, 1986.
 - 14) **Lee KH**: Clinical biomechanics of the locking plate. J Korean Fracture Soc, **21**: 186-188, 2008.
 - 15) **Letch R, Infanger M, Schmidt J, Kock HJ**: Surgical treatment of fractures of the distal radius with plates: a comparison of palmar and dorsal plate position. Arch Orthop Trauma Surg, **123**: 333-339, 2003.
 - 16) **Leung F, Zhu L, Ho H, Lu WW, Chow SP**: Palmar plate fixation of AO type C2 fracture of the distal radius using a locking compression plate-a biomechanical study in a cadaveric model. J Hand Surg Br, **28**: 263-266, 2003.
 - 17) **Medoff RJ, Kopylov P**: Immediate internal fixation and motion of comminuted distal radius fractures using a new fragment specific fixation system. Orthopaedic Transactions, **22**: 165, 1998.
 - 18) **Mudgal CS, Jupiter JB**: Plate fixation of osteoporotic fractures of the distal radius. J Orthop Trauma, **22**: S106-115, 2008.
 - 19) **Orbay JL**: The treatment of unstable distal radius fractures with volar fixation. Hand Surg, **5**: 103-112, 2005.
 - 20) **Orbay JL, Fernandez DL**: Volar fixation for dorsally displaced fractures of the distal radius: a preliminary report. J Hand Surg Am, **27**: 205-215, 2002.
 - 21) **Papadonikolakis A, Shen J, Garrett JP, Davis SM, Ruch DS**: The effect of increasing distraction on digital motion after external fixation on the wrist. J Hand Surg Am, **30**: 773-779, 2005.
 - 22) **Putnam MD, Fischer MD**: Treatment of unstable distal radius fractures: methods and comparison of external distraction and ORIF versus external distraction-ORIF neutralization. J Hand Surg Am, **22**: 238-251, 1997.
 - 23) **Rein S, Schikore H, Schneiders W, Amalang M, Zwipp H**: Results of dorsal or volar plate fixation of AO type C3 distal radius fractures: a retrospective study. J Hand Surg Am, **32**: 954-961, 2007.
 - 24) **Ring D, Rommersberger K, Jupiter JB**: Combined dorsal and volar plate fixation of complex fractures of the distal part of the radius. J Bone Joint Surg Am, **86**: 1646-1652, 2004.
 - 25) **Rogachefsky RA, Lipson SR, Applegate B, Ouellette EA, Savenor AM, McAuliffe JA**: Treatment of severely comminuted intra-articular fracture of the distal end of the radius by open reduction and combined internal and external fixation. J Bone Joint Surg Am, **83**: 509-519, 2001.
 - 26) **Rozental TD, Beredjiklian PK, Bozentka DL**: Functional outcome and complications following two types of dorsal plating for unstable fractures of the distal part of the radius. J Bone Joint Surg Am, **85**: 1956-1960, 2003.
 - 27) **Rozental TD, Blazar PE**: Functional outcome and complications after volar plating for dorsally displaced, unstable fractures of the distal radius. J Hand Surg Am, **31**: 359-365, 2006.
 - 28) **Sarmiento A, Aratt GW, Berry NC, Sinclair WF**: Colles' fracture: functional bracing in supination. J Bone Joint Surg Am, **57**: 311-317, 1975.
 - 29) **Sarmiento A, Zagorski JB, Sinclair WF**: Functional

- bracing of Colles' fracture: a prospective study of immobilization in supination vs. pronation. Clin Orthop Relat Res, **146**: 175-183, 1980.
- 30) **Schneeberger AG, Ip WY, Poon TL, Chow SP**: Open reduction and plate fixation of displaced AO type C3 fractures of the distal radius: restoration of articular congruity in eighteen cases. J Orthop Trauma, **15**: 350-357, 2001.
- 31) **Szabo RM, Weber SC**: Comminuted intraarticular fractures of the distal radius. Clin Orthop Relat Res, **230**: 39-48, 1988.
- 32) **Trumble TE, Culp RW, Hanel DP, Geissler WB, Berger RA**: Intra-articular fractures of the distal aspect of the radius. Instr Course Lect, **48**: 465-480, 1999.
- 33) **Wagner M**: General principle for the clinical use of LCP. Injury, **34**(Suppl 2): B31-42, 2003.
- 34) **Young BT, Rayan GM**: Outcome following nonoperative treatment of displaced distal radius fractures in low-demand patients older than 60 years. J Hand Surg, **25**: 19-28, 2000.
- 35) **Zhang SX, Gu FR**: External fixation and bone grafting for collapsed and comminuted distal radius fracture. Chin J Traumatol, **8**: 156-159, 164, 2005.