

2.4 mm 수장측 T형 잠금 압박 금속판을 이용한 원위 요골 골절 치료의 단기 추시 결과

박 기 철 · 이 창 훈*

한양대학교 의과대학 구리병원 정형외과학교실, 한양대학교 의과대학 정형외과학교실*

목 적: 불안정성 원위 요골 골절에서 전방도달법을 이용한 2.4 mm 수장측 잠금 압박 금속판 고정술의 방사선학적 및 임상적 추시 결과에 대해 알아보고자 하였다.

대상 및 방법: 술 후 최소 6개월 이상의 추시가 가능하였던 22예를 대상으로 2.4 mm 수장측 잠금 압박 금속판 고정술 후 방사선 검사상 요골길이, 요골경사, 수장측 경사를 측정하였으며, DASH score와 VAS를 확인하여 임상적 및 방사선학적 평가를 시행하였다.

결 과: 최종 추시상 임상적 결과는 VAS 1.2점, DASH score 10점이었으며, 수술 직후와 최종 추시 방사선 사진을 계속 비교하였을 때 요골 길이는 0.36 mm, 요골 경사는 0.2도, 수장측 경사는 0.6도의 감소를 보였다.

결 론: 2.4 mm 수장측 T형 잠금 압박 금속판 고정술은 불안정성 원위 요골 골절에서 안정적 고정이 가능하였고, 만족할 만한 임상 결과를 보이며, 금속판과 나사의 크기에 의한 합병증도 감소하여 좋은 치료 방법으로 생각된다.

색인 단어: 원위 요골 골절, 2.4 mm 수장측 T형 잠금 압박 금속판

Short Term Results of Operative Management with 2.4 mm Volar Locking Compression Plates in Distal Radius Fractures

Ki-Chul Park, M.D., Chang-Hun Lee, M.D.*

Department of Orthopaedic Surgery, Guri Hospital, Hanyang University College of Medicine, Guri,
Department of Orthopaedic Surgery, Hanyang University College of Medicine*, Seoul, Korea

Purpose: To evaluate the short term outcome of internal fixation using 2.4 mm volar locking compression plate for the treatment of unstable distal radius fractures.

Materials and Methods: We retrospectively analyzed the results in 22 cases, which were treated with 2.4 mm volar locking compression plate. We evaluated the radiologic results and the clinical results according to Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (DASH) score and visual analogue scale.

Results: At final follow up, the mean VAS was 1.2 and mean DASH score was 10. Average loss of reduction from initial post-operative to final follow up radiographs was 0.36 mm of radial length, 0.2° of radial inclination, 0.6° of volar tilt.

Conclusion: Fixation of unstable dorsally displaced distal radius fractures with a 2.4 mm volar locking compression plate provides sufficient stability with minimal loss of reduction and good enough clinical outcomes with less complications.

Key Words: Distal radius fracture, 2.4 mm volar locking compression plate

통신저자 : 박 기 철

경기도 구리시 교문동 249-1

구리병원 정형외과

Tel : 031-560-2316 • Fax : 031-557-8781

E-mail : kcpark@hanyang.ac.kr

접수: 2009. 5. 18

심사(수정): 1차 2009. 7. 1, 2차 2009. 8. 19

게재확정: 2009. 9. 18

Address reprint requests to : Ki-Chul Park, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Guri Hospital, Hanyang University
College of Medicine, 249-1, Gyomun-dong, Guri 471-701, Korea

Tel : 82-31-560-2316 • Fax : 82-31-557-8781

E-mail : kcpark@hanyang.ac.kr

서 론

원위 요골 골절은 고령에서 흔히 발생하는 골절 중의 하나로 치료 시 도수 정복 및 석고 고정외 보존적인 방법에서부터 외고정 장치, 금속 내고정까지 다양한 방법이 사용되고 있다. 그러나 산업화와 더불어 고령화로 인해 골절 발생 원인의 다양해지고 원위 요골 복합 골절의 비율이 증가하는 추세에서, 석고 고정이나 외고정 장치보다 금속 내고정을 통하여 해부학적 정복, 골절편의 안정화, 조기 기능 회복을 이루는 것이 치료의 주된 흐름을 이루고 있다^{2,16,20}.

최근 30년 전부터 원위 요골 골절을 위한 금속판과 나사의 재질, 강도, 모양과 특성이 꾸준히 바뀌어 왔으며, 이에 따라 골절편을 고정하는 방법도 달라졌고, 치료 방법과 결과의 향상도 뚜렷하였다¹³. 특히 Koval 등에 의해 개발된 잠금 금속판은 금속판과 나사 사이에 잠금을 가능하도록 하여 불안정성 골절과 골다공성 골절에 강한 고정력을 가질 수 있고, 압박 금속판과 달리 골절 부위 피질골과 금속판 하부의 접촉을 피하여 골편의 혈류 장애를 최소화할 수 있는 장점을 가지고 있어, 술 후 조기 관절 운동이 가능하였고, 빠른 일상 생활 및 직업으로의 복귀가 가능케 하였다^{3,11}.

수장측 잠금 금속판은 신전건 파열, 피부 자극, 수근 관절의 강직등의 합병증이 많은 배측 금속판에 비해 안전하고, 생역학적으로 유리하여 널리 사용되었다. 그러나 기존의 수장측 잠금 금속판은 3.5 mm 나사를 이용하기 때문에 합병증으로 나사와 금속판으로 인한 건과 연부조직 자극이 관찰되었고¹⁹, 나사의 크기로 인해 작은 골편의 고정시 제한점이 보고되었다²¹.

최근 국내에 소개된 2.4 mm 수장측 T형 잠금 금속판(Synthes, USA)은 기존의 잠금 금속판에 비해 잠금나사의

직경을 3.5 mm에서 2.4 mm로 줄이고, 원위부의 나사 구멍을 3개에서 5개로 늘려 잠금 나사 머리의 크기를 작게 하고, 더 많은 골편을 고정할 수 있게 고안되어 있어 불안정성 원위 요골 골절 치료 방법과 결과의 향상이 있을 것으로 보인다 (Fig. 1). 저자들은 2.4 mm 수장측 T형 잠금 금속판을 이용하여 불안정성 원위 요골 치료의 임상적, 방사선학적 결과를 분석하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

2008년 2월부터 2008년 11월까지 불안정성 원위 요골 골절에 대해 T형 수장측 잠금 압박 금속판을 이용하여 내고정을 시행하고 6개월 이상 추시가 가능하였던 22예를 대상으로 후향적 분석을 시행하였다. 수술 적응증은 불안정성 원위 요골 골간단부 골절이 있고, 방사선 검사상 1) 20도 이상의 후방 굴곡, 2) 심한 후방 골피질의 분쇄, 3) 2 mm 이상의 관절 내 층형성, 4) 5 mm 이상의 요골 단축 중 한 가지 이상의 조건을 충족시키는 경우와, 도수 정복 후 전위가 재발하는 경우를 포함하였다.

대상 환자는 남자가 8예, 여자가 14예이었으며, 평균 연령은 55.4세 (26~71세)이었고, 평균 추시 기간은 9.2개월 (6~15개월)이었다. 우측이 12예, 좌측이 10예이었으며, AO 골절 분류상 A군이 2예 (A3 2예), C군이 20예 (C1 2예, C2 8예, C3 10예)이었다. 척골 경상 돌기를 동반한 경우가 11예 (기저부 골절 9예, 첨부 골절 2예)이었고, 원위 요골 골절만 있는 경우가 11예로 수상 후 수술까지의 기간은 평균 1.8일 (1~3일)이었다 (Table 1). 수술을 시행한 22예에서 2.4 mm T형 수장측 잠금 금속판 (Synthes, USA)을 사용하여 원위 요골 골절에 대해 내고정을 시행하였다.

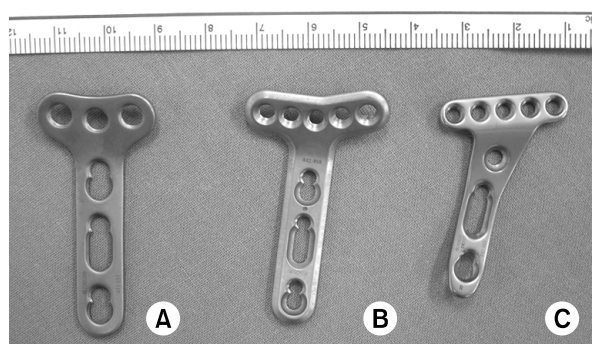


Fig. 1. 3.5 mm T-LCP (A), 2.4 mm volar extra-articular (B) and juxta-articular distal radius T-LCP (C). 2.4 mm volar distal radius T-LCPs have five smaller holes than 3.5 mm T-LCP on the head.

Table 1. Demographic data

| Patient data | 2.4 volar locking compression plate (n=22) |
|--|--|
| Age (years) | 55.4 (26~71) |
| Male : Female | 8 : 14 |
| Right : Left | 12 : 10 |
| Fracture type (AO/ASIF) | |
| A (1, 2, 3) | 2 (0, 0, 2) |
| C (1, 2, 3) | 20 (2, 8, 10) |
| Ulnar styloid process fracture (base, tip) | 11 (9, 2) |

2. 수술 방법 및 재활

전신 마취하에서 환자의 환측 상완부에 압박대를 착용시킨 상태에서 수술을 시행하였다. Henry 수장측 도달법을 이용하여 골절 부위를 노출하여 정복을 시행한 후 AO 골절 분류상 A군에 해당할 경우 2.4 mm 관절외형 (Extra-articular type) 수장측 잠김 금속판을, C군에 해당할 경우 2.4 mm 관절근접형 (Juxta-articular type) 수장측 잠김 금속판을 이용하여 내고정을 시행하였다. 금속판의 가로 길이가 원위 요골 간단부의 길이보다 길 경우 금속판을 원위 부에서 1개의 나사 구멍을 절제하여 내고정을 하였고, 배측 금속판은 사용하지 않았다. 척골 경상 돌기 골절에 대해서는 추가적인 내고정을 시행하지 않았다. 연부조직 회복을 위해 수술 후 1주간 단상지 부목을 이용하여 고정하였고, 골유합이 이루어질 때까지 제거 가능한 부목 고정과 조기 관절 운동을 시행하였으며, 원위 요척골 관절의 불안정성이 있는 경우 수술 후 3~4주간 단상지 석고 부목을 이용하여 고정하고, 가골 형성을 방사선 검사를 통해 확인한 뒤 부목을 제거하여 관절 운동을 허용하였다.

3. 치료 결과의 평가

술 전, 술 후, 최종 추사에서 수근 관절의 전후 및 측면

방사선 사진을 촬영하였고, 요골 길이 (Radial length), 요측 경사 (Radial inclination), 수장측 경사 (Volar tilt)에 대해 관찰자간과 관찰자 내의 오차를 줄이기 위해 각각 3회씩 측정한 후 평균을 산출하여 방사선학적 평가를 시행하였다. 그리고 환자와의 면담 및 이학적 검사를 통해 Visual Analogue Scale (VAS)를 측정하여 수근관절 통증정도를 평가하였으며, Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (DASH) score를 측정하여 기능적 결과를 평가하였다. DASH score에서 0점은 기능 장애가 전혀 없는 상태를 나타내고, 100점은 모든 기능 장애가 있는 경우이다^{1,6,8,14}. 골유합은 추시 방사선 사진상 골절선을 가로지르는 골소주의 연결이 보이면 이루어진 것으로 판단하였다. 또한 술 후와 최종 추시간의 방사선학적 결과를 비모수 검정 중 Wilcoxon 부호 검정을 이용하여 비교하였고, 척골 경상돌기 골절 유무에 대해서는 방사선학적 및 임상적 결과를 비모수 검정 중 Mann-Whitney test를 이용하여 비교하였다.

결 과

수술을 시행한 22예 모두에서 원위 요골 골절 부위의 골유합을 얻을 수 있었다. 관절근접형 수장측 잠김 금속판은 20예에서 관절외형 수장측 잠김 금속판은 2예에서 사용하였고, 3예에서 금속판을 절제하여 사용하였고, 모두 관절

Table 2. Radiographic data for the distal radius fractures treated with 2.4 mm volar locking compression plate

| | Before surgery | After surgery | At final follow-up | p-value* |
|------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|----------|
| Radial length (mm) | 6.15 (4.39~9.32) | 12.01 (9.5~14.84) | 11.65 (9.35~14.36) | 0.45 |
| Radial inclination (°) | 16.7 (6.4~26.5) | 22.4 (17.3~32.8) | 22.2 (16~31.2) | 0.79 |
| Volar tilt (°) | -7.5 (-27.8~20.8) | 9.3 (2~16.8) | 8.7 (1.3~16.5) | 0.31 |

*p-value was calculated with radiologic factors between after surgery and at final follow up.

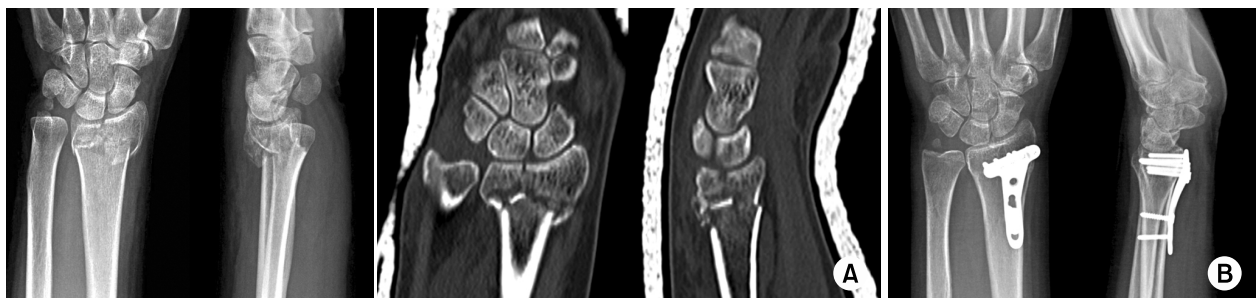


Fig. 2. (A) Complex intra-articular fracture in a 52-year-old woman. Computed tomography scans demonstrate the intra-articular fracture.

(B) Anteroposterior and lateral radiographs are made ten months after volar fixation with 2.4 mm juxta-articular T-shaped locking compression plate.

Table 3. Comparison of cases with and without ulnar styloid process fracture at final follow up

| | Cases with ulnar styloid process fracture (n=11) | Cases without ulnar styloid process fracture (n=11) | p-value |
|------------------------|---|--|---------|
| Radial length (mm) | 12.34 | 11.89 | 0.36 |
| Radial inclination (°) | 22.1 | 23.2 | 0.08 |
| Volar tilt (°) | 9.5 | 8.9 | 0.15 |
| VAS | 1.4 | 1.1 | 0.21 |
| DASH | 11.2 | 9.5 | 0.32 |

근접형 수장측 잠김 금속판이었다. 요골 길이는 수술 전 평균 6.15 mm에서 수술 후 평균 12.01 mm로 향상되었고 최종 추시상 평균 11.65 mm이었으며, 요측 경사는 수술 전 평균 16.7도에서 수술 후 평균 22.4도, 최종 추시상 평균 22.2도로, 수장측 경사는 수술 전 평균 -7.5도에서 수술 후 평균 9.3도 최종 추시상 평균 8.7도로 측정되었다. 수술 후와 최종 추시상 요골 길이, 요측 경사, 수장측 경사는 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다 (Table 2, Fig. 2).

VAS는 평균 1.2점이었고, DASH score는 평균 10점으로 측정되었다. 수술 후 합병증은 일시적인 요골 신경 감각 이상이 1예, 일시적인正中 신경 감각 이상이 1예, 수지 굴곡건 건초염이 2예에서 관찰되었으나 추시상 모두 호전되었다. 내고정물에 의한 굴곡건 자극이나 파열은 관찰되지 않았으며 2예에서 환자가 원하여 수술 후 12개월경 금속판 내고정물 제거술을 시행하였다.

경상돌기 골절이 동반된 원위 요골 골절 군에서 요골 길이는 수술 전 평균 6.21 mm에서 수술 후 평균 12.34 mm로 향상되었으며, 요측 경사는 수술 전 16.4도에서 수술 후 22.1도로, 수장측 경사는 수술 전 -6.1도에서 수술 후 9.5도로 향상되었다. 경상돌기 골절이 없는 군에서는 요골 길이는 수술 전 평균 6.09 mm에서 수술 후 평균 11.89 mm로 향상되었으며, 요측 경사는 수술 전 17.2도에서 수술 후 23.2도로, 수장측 경사는 수술 전 -8.2도에서 수술 후 8.9도로 향상되었다. 최종 추시상 경상돌기 골절이 동반된 원위 요골 골절 군에서 VAS는 1.4점, DASH score는 11.2점이었고, 경상돌기 골절이 없는 군에서는 VAS 1.1점, DASH score 평균 9.5점으로 통계학적으로 유의한 차이는 없었다 (Table 3).

고 찰

원위 요골 골절에서 수장측 잠김 금속판을 이용하여

좋은 치료 결과를 얻었음을 보고하는 연구들이 많이 있었다^{3,5,7,10,15~18)}. 해부학적인 골 모양에 맞추어진 수장측 잠김 금속판이 빈번하게 이용되는 이유는 잠김 금속판의 장점을 이용하여 최소한의 절개로 최대한의 고정력을 얻을 수 있기 때문인데, 원위 요골 골절이 관절면을 포함하는 골절이면서 골다공증이 동반된 경우 일반적인 압박 금속판을 이용하면, 골편을 나사로 고정하거나 지지하기가 어렵고 수술 후에 전위가 발생하지만 잠김 금속판은 잠김 나사를 이용하여 판과 요골 사이의 공간을 허용하여 혈류 장애의 피해를 줄일 수 있고, 금속판과 요골의 표면의 곡선이 다르더라도 고정이 가능하며, 내고정이면서도 외고정장치의 역할을 수행하게 된다^{9,12,13)}. 또한 후방 도달법으로 관혈적 정복을 시행할 경우, 신근 지대의 절개가 필요하고, 신전건의 손상이 발생하기 쉬우며, 금속판 고정을 위해 Lister 결절의 절제가 필요한 단점이 있는 반면, 수장측 고정은 연부 조직 자극이 적고, 분쇄되어 있는 배측의 골절편으로의 혈액 순환에 피해를 주지 않고 보존할 수 있으며, 골유합을 위한 골이식술이 배측이 심하게 분쇄되거나, 골간단부에 큰 공간이 발생된 경우를 제외하고는 필요하지 않다는 장점과 더불어 생역학적인 면에서도 후방 고정에 비해 적률축 (moment arm)이 작아지므로 유리하다고 알려져 있다¹⁷⁾.

하지만 기존의 수장측 잠김 금속판은 불안정 분쇄 골절에서의 뛰어난 고정력에도 불구하고, 3.5 mm 나사의 크기를 수용하는 금속판과 나사 자체의 크기로 인해 요 수근 굴건과 장무지 굴건의 자극등 건과 연부 조직 자극이 주된 수술 후 합병증으로 보고되어 왔다. Pichon 등¹⁹⁾에 따르면 24예의 원위 요골 골절을 대상으로 3.5 mm 수장측 T형 잠김 금속판을 이용하여 내고정 후 4예에서 교감신경 이영양증, 1예에서 수근관 증후군이 발생하였고, Strohm 등²¹⁾도 3.5 mm 잠김 나사의 직경이 골편에 비해 큰 경우 내고정에 제한이 있음을 밝히고 있다.

2.4 mm 수장측 잠김 금속판은 해부학 구조에 맞게 제작되었고, 원위부에 여러 개의 나사를 삽입하여 관절 내 골절에서도 보다 견고한 고정을 얻을 수 있도록 고안되었다. 생역학적 연구 결과를 보면 잠김 금속판의 안정성은 잠김 나사의 개수, 금속판의 길이, 고정 방향에 의해 영향을 받을 뿐, 잠김 나사의 직경과는 연관이 없다²²⁾. 오히려 원위부에 더 많은 나사를 이용하여 고정을 할 수 있게 되면서 분쇄가 심한 골편들에 대해 각각 고정을 얻을 수 있는 장점이 있었다. Jupiter 등¹⁰⁾과 Musgrave와 Idler¹⁵⁾은 2.4 mm 잠김 금속판을 이용하여 방사선학적 및 임상적 결과에서 뛰어난 결과를 보고하고 있다. 본 연구에서도 2.4 mm 수장측 잠김 금속판 사용 시 수술 직후와 최종 추시상에서 의미 있는 정복의 소실이 없이 방사선학적으로 좋은 결과를 보이고 있고, 기능적인 평가 및 면담 시 만족할

만한 임상 결과를 확인하였으며, 건 및 연부 조직의 자극을 2예에서만 일시적으로 관찰할 수 있었다.

그러나 Jupiter 등¹⁰⁾은 2.4 mm 수장측 잠금 금속판을 이용하여 원위 요골 골절 수술 후 16%에서 합병증(연부 조직 자극, 내고정 실패, 정복 소실)이 발생하는 것을 보고하였다. 가장 흔한 합병증으로 수장측 건 자극을 꼽고 있으며, 수장측 잠금 금속판을 골절부위에서 지나치게 원위부로 위치하도록 고안한 것을 원인으로 분석하고 있다. 이 점을 보완하기 위해 수장측 잠금 금속판을 조금 더 근위부로 위치할 수 있게 재고안하였으나, 잠금 나사가 수근관 결절부의 연골하 골이 아닌 근위부 방향으로 향하기 때문에 요골 길이의 소실과 양성 척추 변이의 가능성이 문제시되고 있다. Drobetz와 Kutscha-Lissberg⁷⁾은 2.4 mm 수장측 잠금 금속판을 이용하여 50예에서 원위 요골 수술 후 17예에서 3 mm, 그리고 4예에서 4 mm의 요골 길이 단축을 보고하였으며, 잠금 나사가 연골하 골에 비해 근위부로 향하는 것을 원인으로 파악하였다. 수장측 잠금 압박 금속판은 이러한 문제점에 대해 향후 더욱 보완되어야 할 것으로 보인다.

본 연구에서 2.4 mm 관절근접형 수장측 잠금 금속판을 사용하면서 3예에서 금속판 원위부 일부를 절제하여 내고정을 시행하였는데, 본 금속판이 한국인의 체형에 맞춰 제작한 것이 아니므로 체형이 작은 환자의 경우에는 금속판 원위부가 커서 이에 대한 보완이 필요할 것으로 생각된다. 또한 원위 요골 골절은 수장측 잠금 금속판을 이용하여 고정을 시행하였으나, 경상돌기 골절에 대해 추가적인 수술적 치료는 시행하지 않았다. 경상 돌기 근위부와 척골두 외부위에 삼각 섬유 연골 복합체가 부착되므로 원위 요골 골절 치료 시 경상 돌기 골절에 대한 치료는 논란의 여지가 있는 부분이고, 임상적 결과에 영향을 줄 수 있는 부분이었다. 그러나 결과에 의하면 척골 경상돌기 기저부 골절이 9예를 포함한 전체 11예의 방사선학적 및 임상적 결과가 경상 돌기 골절이 없는 원위 요골 골절 11예와 비교하여 유의한 차이를 보이지 않았다.

단기 추시에도 불구하고 2.4 mm 수장측 잠금 금속판을 이용한 수술적 치료 후 방사선학적인 결과에서 뛰어난 고정력을 확인할 수 있었다. 특히, 기존의 연구에 비해서도 정복 소실이 상대적으로 적은 것은 본 연구에서 사용한 금속물의 대부분이 관절근접형(juxta-articular type) 수장측 잠금 금속판으로 연골하 골에 잠금 나사의 고정이 이루어졌기 때문으로 생각된다. 이처럼 2.4 mm 수장측 잠금 금속판을 이용한 내고정은 관절면을 침범한 원위 요골 간단부 분쇄 골절에서 우수한 결과를 얻을 수 있다. 그러나 원위 요골 골절에 수장측 잠금 금속판을 이용하여 수술을 시행하고 12개월 후부터 환자의 임상적 결과의 전반적인 부

분에서 호전이 뚜렷해진다고 발표되고 있어^{4,10)}, 본 연구의 수장측 잠금 금속판의 임상적 결과 추시에는 제한이 있는 것으로 생각되는 바 추후 보다 많은 증례를 대상으로 한 중, 장기 추시에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

결 론

불안정성 원위 요골 골절에서 2.4 mm 수장측 T형 잠금 압박 금속판 고정술은 골절면에 대해 안정적인 고정이 가능하였고, 단기 추시 결과임에도 일상 생활 및 직업으로의 복귀 후 낮은 VAS와 DASH score를 보이며, 금속판과 나사의 크기에 의한 합병증도 감소하여 좋은 치료 방법으로 생각된다.

참 고 문 헌

- 1) Amadio PC, Silverstein MD, Ilstrup DM, Schleck CD, Jensen LM: Outcome after Colles fracture: the relative responsiveness of three questionnaires and physical examination measures. *J Hand Surg Am*, **21**: 781-787, 1996.
- 2) Arora R, Lutz M, Fritz D, Zimmermann R, Oberladerstätter J, Gabl M: Palmar locking plate for treatment of unstable dorsal dislocated distal radius fractures. *Acta Orthop Trauma Surg*, **125**: 399-404, 2005.
- 3) 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.
- 4) Chung KC, Watt AJ, Kotsis SV, Margalot Z, Haase SC, Kim HM: Treatment of unstable distal radial fractures with volar locking plating system. *J Bone Joint Surg Am*, **88**: 2687-2694, 2006.
- 5) Constantine KJ, Clawson MC, Stern PJ: Volar neutralization plate fixation of dorsally displaced distal radius fractures. *Orthop Edics*, **25**: 125-128, 2002.
- 6) Dowrick AS, Gabbe BJ, Williamson OD, Cameron PA: Does the disabilities of the arm, shoulder and hand (DASH) scoring system only measure disability due to injuries to the upper limb? *J Bone Joint Surg Br*, **88**: 524-527, 2006.
- 7) Drobetz H, Kutscha-Lissberg E: Osteosynthesis of distal radial fractures with a volar locking screw plate system. *Int Orthop*, **27**: 1-6, 2003.
- 8) Gummeson C, Ward MM, Atroshi I: The shortened disabilities of the arm, shoulder and hand questionnaire (QuickDASH): validity and reliability based on responses

- within the full-length DASH. *BMC Musculoskelet Disord*, **7**: 44, 2006.
- 9) **Haidukewych GJ**: Innovations in locking plate technology. *J Am Acad Orthop Surg*, **12**: 205-212, 2004.
 - 10) **Jupiter JB, Marent-Huber M; LCP Stud Group**: Operative management of distal radial fractures with 2.4-millimeter locking plates. A multicenter prospective case series. *J Bone Joint Surg Am*, **91**: 55-65, 2009.
 - 11) **Koval KJ, Hoehl JJ, Kummer FJ, Simon JA**: Distal femoral fixation: a biomechanical comparison of the standard condylar buttress plate, a locking buttress plate and the 95-degree blade plat. *J Orthop Trauma*, **11**: 521-524, 1997.
 - 12) **Lee KH**: Clinical biomechanics of the locking plate. *J Korean Fracture Soc*, **21**: 186-188, 2008.
 - 13) **Lee KH**: Volar plating of distal radius fractures. *J Korean Fracture Soc*, **21**: 325-333, 2008.
 - 14) **Matheson LN, Melhorn JM, Mayer TG, Theodore BR, Gatchel RJ**: Reliability of a visual analog version of QuickDASH. *J Bone Joint Surg Am*, **88**: 1782-1787, 2006.
 - 15) **Musgrave DS, Idler RS**: Volar fixation of dorsally displaced distal radius fractures using the 2.4-mm locking compression plates. *J Hand Surg Am*, **30**: 743-749, 2005.
 - 16) **Orbay JL**: The treatment of unstable distal radius fractures with volar fixation. *Hand Surg*, **5**: 103-112, 2000.
 - 17) **Orbay JL**: Volar plate fixation of distal radius fractures. *Hand Clin*, **21**: 347-354, 2005.
 - 18) **Orbay JL, Fernandez DL**: Volar fixed-angle plate fixation for unstable distal radius fractures in the elderly patient. *J Hand Surg Am*, **29**: 96-102, 2004.
 - 19) **Pichon H, Chergaoui A, Jager S, et al**: Volar fixed angle plate LCP 3.5 for dorsally distal radius fracture. About 24 cases. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*, **94**: 152-159, 2008.
 - 20) **Scheck M**: Long-term follow-up of treatment of comminuted fractures of the distal end of the radius by transfixation with kirschner wires and cast. *J Bone Joint Surg Am*, **44**: 337-351, 1962.
 - 21) **Strohm PC, Müller CA, Helwig P, Mohr B, Südkamp NP**: Is the locking, 3.5 mm Palmar T-Plate the implant of choice for displaced distal radius fractures? *Z Orthop Unfall*, **145**: 331-337, 2007.
 - 22) **Tejwani NC, Wolinsky P**: The changing face of orthopaedic trauma: locked plating and minimally invasive techniques. *Instr Course Lect*, **57**: 3-9, 2008.