

경주두 도달법과 이중 잠금 금속판을 이용한 상완골 과간 골절의 치료

박지강 · 김용민 · 김동수 · 최의성 · 손현철 · 박경진 · 조병기

충북대학교 의과대학 충북대학교병원 정형외과학교실

목 적: 불안정성 상완골 원위부 과간 골절 환자에 대한 경주두 도달법 및 이중 잠금 금속판을 이용한 수술적 치료 후의 임상적, 기능적 결과를 알아보고자 하였다.

대상 및 방법: 불안정성 상완골 원위부 과간 골절 진단하에 수술적 치료를 시행 받은 환자들 중 최소 1년 이상 추시가 가능하였던 18예를 대상으로 하였다. 모든 예에서 척골신경의 전방 전위술을 시행했으며, 수술 후 1주째부터 관절운동을 허용하는 조기 재활프로그램을 적용하였다. 임상적 결과의 평가는 Mayo 주관절 수행 점수를 이용하였고, Cassebaum의 평가 척도를 이용해 술 후 주관절의 기능을 평가하였다.

결 과: 최종 추시 시 주관절의 운동 범위는 굴곡 구축 평균 12.8도, 후속 굴곡 평균 119.3도였다. 방사선 검사상 술 후 골유합까지의 기간은 평균 14.2주였으며, 모든 예에서 골유합을 얻었다. Mayo 주관절 수행 점수는 최종 추시 시 평균 88.5점으로 총 18예 중 15예 (83.3%)에서 만족스러운 결과를 보였으며, 14예 (77.7%)에서 120도 이상의 주관절 굴곡이 가능하였다.

결 론: 경주두 도달법 및 이중 잠금 금속판을 이용한 내고정술은 불안정성 상완골 원위부 과간 골절에서 견고한 고정을 통해 조기 관절재활을 가능하게 하는 효과적인 치료 방법 중의 하나라고 생각한다.

색인 단어: 상완골, 과간 골절, 경주두 도달법, 이중 잠금 금속판

Surgical Treatment Using a Transolecranon Approach with a Dual Locking Plate for Unstable Intercondylar Fractures of the Humerus

Ji-Kang Park, M.D., Yong-Min Kim, M.D., Dong-Soo Kim, M.D., Eui-Sung Choi, M.D.,
Hyun-Chul Shon, M.D., Kyoung-Jin Park, M.D., Byung-Ki Cho, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Chungbuk National University Hospital,
Chungbuk National University College of Medicine, Cheongju, Korea

Purpose: To evaluate the clinical outcomes of operative treatment using a transolecranon approach with a dual locking plate for unstable intercondylar fractures of the distal humerus.

Materials and Methods: Eighteen patients were followed for more than 1 year after surgical treatment for unstable intercondylar fractures of the humerus. Anterior transpositioning of the ulnar nerve and an early rehabilitation program to allow range of motion (ROM) exercise from postoperative week 1 were used for all cases. The clinical and functional evaluation was performed according to the Mayo Elbow Performance Index and Cassebaum's classification of ROM.

Results: The range of elbow joint motion was a flexion contracture mean of 12.8 degrees to a further flexion mean of 119.3 degrees at the final follow-up. The Mayo Elbow Performance Index was an average of 88.5 points. Among the results, 6 were excellent, 9 good, 2 fair, and 1 poor. Therefore, 15 cases (83.3%) achieved satisfactory results. Fourteen cases (77.7%) achieved a satisfactory ROM according to Cassebaum's classification. All cases achieved bone union, and the interval to union was an average of 14.2 weeks.

통신저자 : 조 병 기

청주시 흥덕구 성봉로 410
충북대학교병원 정형외과
Tel : 043-269-6077 • Fax : 043-274-8719
E-mail : titanick25@yahoo.co.kr

Address reprint requests to : Byung-Ki Cho, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Chungbuk National University
Hospital, 410, Seongbong-ro, Heungdeok-gu, Cheongju 361-711, Korea
Tel : 82-43-269-6077 • Fax : 82-43-274-8719
E-mail : titanick25@yahoo.co.kr

접수: 2011. 8. 15
심사 (수정): 2011. 9. 25
게재확정: 2011. 12. 16

Conclusion: Dual locking plate fixation through the transolecranon approach seems to be one of the effective treatment methods for unstable intercondylar fractures of the humerus because it enables the anatomical reduction and rigid fixation of articulation, and early rehabilitation exercise.

Key Words: Humerus, Intercondylar fracture, Transolecranon approach, Dual locking plate

서 론

성인의 상완골 원위부 과간 골절은 관절면을 포함하는 분쇄 골절의 양상을 보이는 경우가 많으며, 골절의 정확한 정복과 내고정이 어려워 수술적 치료의 결과가 좋지 않은 경우가 많았다. 만족할 만한 수술의 결과를 얻기 위해서는 관절면의 정확한 정복과 조기 관절운동이 가능한 골절부의 안정적인 고정을 얻는 것이 필요하며 다양한 내고정물과 고정 방법이 소개되고 있다. 현재는 이중 금속판을 이용해 상완골의 내측 골주와 외측 골주를 모두 고정하는 수술적 치료가 일반적으로 적용되고 있으며 두 금속판을 위치시키는 방법으로는 후방 고정법⁴⁾, 내측면과 외측면에 평행하게 고정하는 방법^{6,12,15)}, AO치료 원칙에 따라 내측 골주의 내측면과 외측 골주의 후방면에 서로 직각으로 금속판을 위치시키는 방법^{5,9,14,17)} 등이 대표적인 술식으로 알려져 있다. 고정 시 사용되는 금속판의 종류도 다양하게 보고되어 있으며 재건 금속판 (reconstruction plate)⁷⁾, 역동적 압박 금속판, 반원형 금속판 (1/3 tubular plate)¹⁶⁾, Y형 금속판¹³⁾ 등을 이용한 수술의 결과를 보고하고 있으나 잠김 압박 금속판 (locking compression plate)³⁾을 이용한 결과는 많지 않다. 이에 저자들은 잠김 압박 금속판을 이용한 경주두 도달법을 통해 최대한의 관절면 노출과 해부학적 정복을 시도하고 AO 원리에 따라 직각으로 배열된 이중 잠김 금속판 고정을 통해 최대한의 골절부 안정성을 얻은 뒤, 조기 재활치료를 시행한 후의 임상적, 기능적 결과를 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

AO 골절 분류 C형의 불안정성 상완골 원위부 과간 골절 진단하에 경주두 도달법 및 잠김 압박 금속판을 이용한 내고정술을 시행 받은 환자들 중 최소 1년 이상 추시가 가능하였던 18예 (18명)를 대상으로 하였다. 모든 수술은 동일한 술자에 의해 이루어졌으며 환자들의 평균 연령은 39.6세 (18~52세), 평균 추시 기간은 25.2개월 (12~43개월)이었다.

술 전 전례에서 전산화 단층촬영 검사를 시행하였으며

AO 골절 분류상 C1형이 3예, C2형이 9예, C3형이 6예였다. 개방성 골절은 2예로 Gustilo 분류상 II형이 1예, IIIa형이 1예였다. 수상 원인은 교통사고가 10예, 스포츠 손상이 7예, 낙상이 1예였고, 성별은 남자 12예, 여자 6예였다. 총 18예 중 4예에서 환측 사지에 동반 손상이 있었으며, 원위 요골 골절이 2예, 척골 간부 골절이 1예, 쇄골 골절이 1예 있었다. 동반 신경 손상으로 척골 신경 손상이 1예, 요골 신경 손상이 1예 있었다. 수상 후 수술까지의 기간은 평균 2.5일로 가급적 빨리 수술적 치료를 시행하는 것을 원칙으로 하였으나, 전신상태 및 내과적 원인으로 인해 수술이 1주일 이상 지연된 경우가 3예 있었다.

2. 임상적 및 방사선학적 평가 방법

임상적 평가로는 Mayo 주관절 수행 점수 (elbow performance index)와 Cassebaum의 평가 척도²⁾를 이용하였다. Mayo 주관절 수행 점수는 술 후 6개월째와 최종 추시 시에 측정되었으며 90점 이상을 우수, 75~89점을 양호, 60~74점을 보통, 60점 미만을 불량으로 분류하여 양호 이상을 만족스러운 결과로 평가하였다. Cassebaum의 평가 척도는 술 후 6개월째와 최종 추시 시에 측정되어 주관절 운동 범위의 향상 정도를 확인하였으며 굴곡 구축 40도 미만, 후속 굴곡 120도 이상을 양호한 결과로 판정하였다.

방사선학적 평가로 주관절의 전후면, 측면 사진을 촬영하여 골절의 정복 상태와 관절면의 일치도, 금속 내고정물의 위치 등을 확인하였으며, 주기적인 추시를 통해 고정 실패나 내고정물의 파손 유무, 이소성 골형성 유무, 술 후 골유합까지의 기간을 측정하였다. 골유합 시기는 전후면 및 측면 방사선 소견상 가골 형성이 확인되고, 임상적으로 골절부 압통과 운동 시의 통증이 없어지는 시점을 기준으로 하였다.

3. 수술 방법 및 재활 방법

환자를 전신마취하에 복와위로 눕힌 뒤, 팔의 상부에 소독 지혈대를 감고 견관절을 90도 외전하여 주관절의 굴곡이 가능하도록 위치시켰다. 척골 주두를 중심으로 근위 및 원위부에 약간 요측으로 치우친 직선 절개를 가하였다. 상완 삼두근 부착부의 손상에 유의하면서 주두에 첨부가 원

위부로 향하는 갈매기형 (chevron) 절골술을 시행하였다. 주두와 이에 부착된 삼두근을 근위부로 견인하면서 골절부의 광범위한 노출을 시도하였으며, 내상과 후방의 척골 신경을 확인한 뒤 충분히 박리하여 끈으로 표시해 두고 수술

도중 손상 받지 않도록 주의하였다. 관절면의 상태와 골간단부 분쇄 골편의 상태를 확인한 뒤, 먼저 관절면의 정복을 시행하여 2개의 직경 4.0 mm 해면골 나사 또는 유관 나사 (cannulated screw)를 이용해 과간 골절편 간의 견고한 압

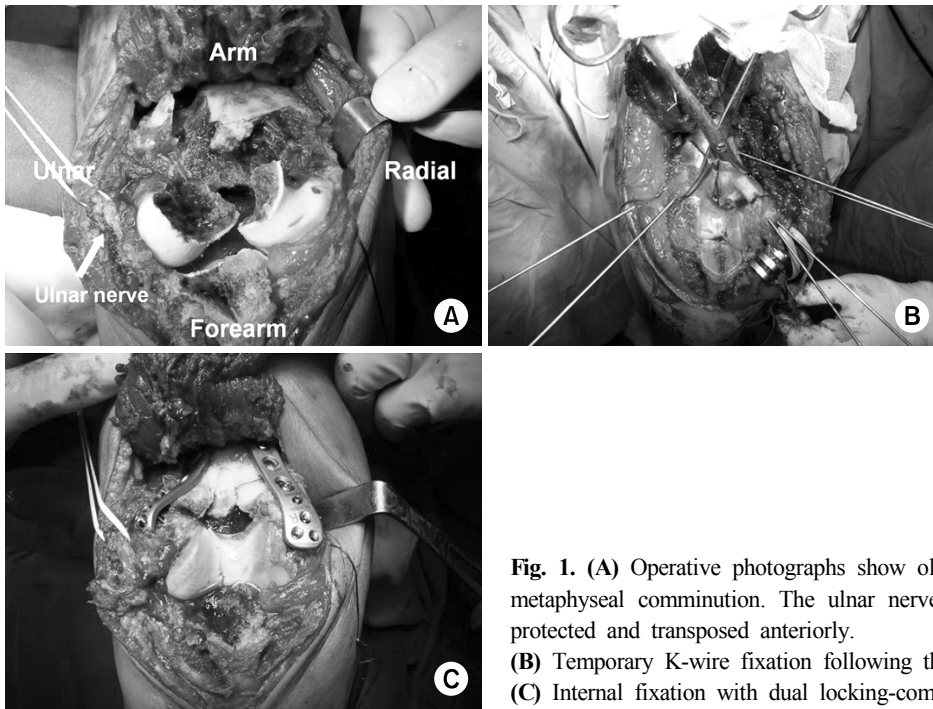


Fig. 1. (A) Operative photographs show olecranon osteotomy and extensive metaphyseal comminution. The ulnar nerve (tagged with a vessel loop) is protected and transposed anteriorly. (B) Temporary K-wire fixation following the restoration of articulation. (C) Internal fixation with dual locking-compression plates.

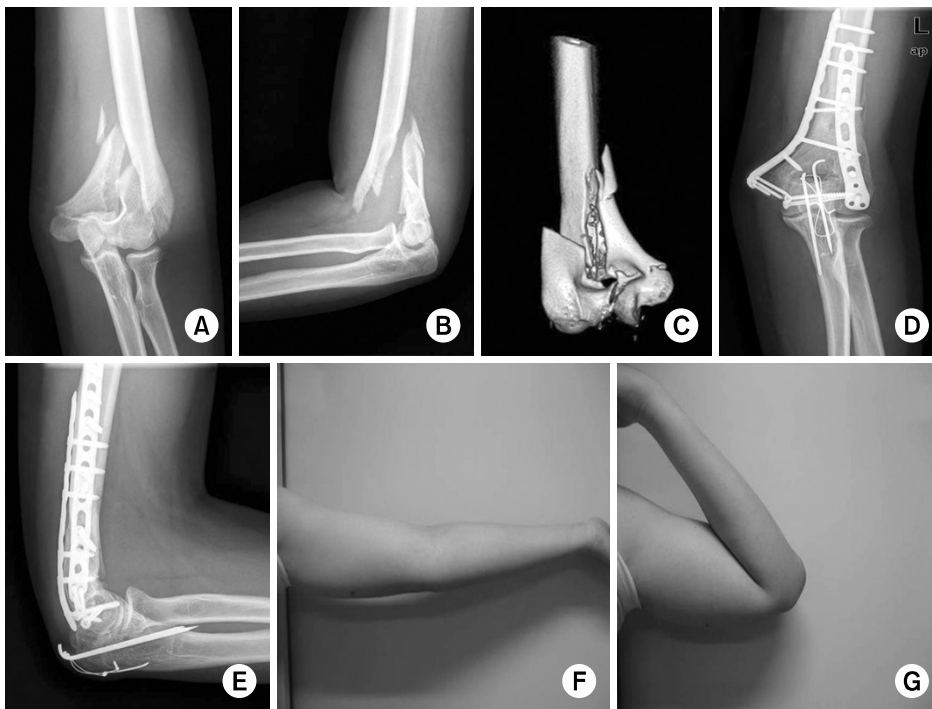


Fig. 2. (A~C) A 20 year-old man sustained a distal humeral intercondylar fracture classified as AO type C2. (D~E) Three-month follow-up radiographs show complete bony union with dual locking-compression plates. (F~G) Photographs show excellent functional results.

박 고정을 하였다. 이후 정복된 관절면을 포함하여 재정렬된 과를 과상골 부위에 정복시킨 뒤, K-wire를 이용해 임시 고정시키고 C-arm으로 정렬상태를 확인하였다. 내측 골주의 내측면에 해부학적 윤곽에 맞게 제작된 잠금 압박금속판 (locking compression plate, Synthes®, Oberdorf, Switzerland)을 고정시킨 뒤, 지혈대를 풀고 방사선 촬영을 통해 골절의 정확한 정복 여부 및 각 형성 변형 여부를 재차 확인하였다. 이후 외측 골주의 후방부에 내측 금속판과 수직이 되도록 또 하나의 AO 잠금 압박 금속판을 고정하였다 (Fig. 1). 골절부의 골 결손이 큰 경우 주사형 황산칼슘 (MIIG™, Wright Medical, Arlington, TN, USA) (1예), 또는 동종골을 이용한 골 결손부 보강술 (1예)이 추가되었고, 전례에서 척골 신경 피하 전방 전위술이 시행되었다. 절골한 주두는 2.0 mm K-wire와 장력대 강선법을 이용하여 고정하였고 술 후 45도 굴곡 상태로 장 상지 부목 고

정을 시행하였다 (Fig. 2). 흡입 배액관은 4일간 유지시켰으며 이소성 골화증의 예방을 위한 방사선 요법이나 indomethacin 투여는 시행하지 않았다.

수술 후 1주간 장 상지 석고 부목 고정을 하였고, 이후 팔걸이를 착용한 상태로 능동적 관절운동을 시작하였다. 봉합사를 유지한 상태에서 술 후 2주째부터 수동적 관절운동과 물리치료를 시작하였고, 봉합사 제거는 어느 정도의 관절운동이 이루어진 3주째에 시행하였다. 이후 방사선 검사 소견을 참고하여 약 12주경 이후부터 무거운 물건을 드는 동작을 허용하였다.

결 과

Mayo 주관절 수행 점수는 술 후 6개월째 평균 76.5점 (범위: 55~100점)이었고, 최종 추시 시에는 평균 88.5점 (범위: 75~100점)으로 향상되었다. 최종 추시 시 우수 6예, 양호 9예, 보통 2예, 불량 1예로 나타나 총 18예 중 15예 (83.3%)에서 만족스러운 결과를 보였다 (Table 1).

주관절의 운동 범위는 술 후 6개월째 굴곡 구축 평균 15.4도 (범위: 0~30도), 후속 굴곡 평균 113.8도 (범위: 90~130도)였으며, 최종 추시 시에는 굴곡 구축 평균 12.8도 (범위: 0~25도), 후속 굴곡 평균 119.3도 (범위: 95~130도)였다.

Cassebaum의 평가 척도상 술 후 6개월째의 주관절 운동 범위는 우수가 3예, 양호가 8예, 보통이 5예, 불량이 2예였고, 최종 추시 시에는 우수가 4예, 양호가 10예, 보통이 3예, 불량이 1예로 나타나 총 18예 중 14예 (77.7%)에서 120도 이상의 주관절 굴곡이 가능하였다 (Table 2).

개방성 골절이 있었던 2예 중, Gustilo II형 환자는 철저한 변연 절제술 후 바로 일차적 내고정술을 시행하였으며, Gustilo IIIa의 경우 응급 변연 절제술 시행 후 3일 뒤 내고정술을 시행하였고 두 예 모두 감염의 소견 없이 잘 치료되었다.

수술 직후의 방사선 검사상 10도 이상의 각형성 변형이나 3 mm 이상의 관절면 불일치, 나사의 관절면 침입은 없었다. 술 후 골유합까지의 기간은 평균 14.2주였으며, 모든 예에서 골유합이 이루어졌다 (Fig. 2). 수술 후 모든 환자

Table 1. Evaluation of clinical results with the Mayo Elbow Performance Index at final follow-up

Function	Number of cases	Score (mean±SD)
Pain (maximum: 45 points)		38.3±6.1
None (45)	11	
Mild (30)	6	
Moderate (15)	1	
Severe (0)	0	
Range of movement (maximum: 20 points)		17.2±2.3
Arc >100° (20)	12	
Arc 50~100° (15)	6	
Arc <50° (5)	0	
Stability (maximum: 10 points)		9.7±0.9
Stable (10)	17	
Moderate stable (5)	1	
Grossly unstable (0)	0	
Function (maximum: 25 points)		23.3±4.1
Able to comb hair (5)	17	
Able to feed oneself (5)	18	
Able to undertake personal hygiene (5)	17	
Able to put on shirts (5)	16	
Able to put on shoes (5)	16	

SD: Standard deviation.

Table 2. Evaluation of elbow range of motion with Cassebaum's classification system

Classification	Elbow range of motion	Postoperative 6 months	Final follow-up
Excellent	Flexion >130°, extension deficit <15°	3 cases	4 cases
Good	Flexion >120°, extension deficit <40°	8 cases	10 cases
Fair	Flexion >110°, with any extension deficit	5 cases	3 cases
Poor	Flexion <110°	2 cases	1 case

에서 전산화 단층촬영 검사를 시행하지는 않았으며, 관절 운동의 회복이 지연되거나 운동 시의 통증에 호전이 없는 일부 증례에서만 전산화 단층촬영 추시가 이루어졌다. 금속판 제거술은 10예에서 시행하였는데 이는 본 연구 대상이 젊은 환자가 많아 금속판 제거술을 희망하고 관절운동 범위를 더 얻고자 하는 경우가 많아 다소 많은 수의 환자에서 내고정물 제거술을 시행하였다. 내고정물 제거수술을 받은 10명의 환자 중 2예에서 척골 신경 증상이 있었으나 한달 이내 자연 소실되었으며 2예에서 금속판과 원위부 잠금나사 사이의 과밀착 (jamming)이 발생하여 주위 금속판을 절단한 뒤 금속판과 함께 돌려서 제거하는 방법으로 해결하였다.

수술 후의 합병증으로 척골 신경 압박 증상이 3예, 국소 창상감염이 1예, 이소성 골화증이 1예 있었으며 항생제 투여 및 상처 관리 등의 보존적 치료를 통해 창상 회복을 얻을 수 있었고, 척골 신경 증상도 약 1~4개월 정도 경과한 후 자연 회복되었다. Cassebaum의 평가 척도상 불량한 결과를 보인 1예는 술 후 3개월째부터 이소성 골화증이 합병되었던 환자로, 1년째 추시상 주관절 굴곡 구축 20도, 후속 굴곡 95도의 운동 범위를 보였으며, 일상생활 및 작업시의 불편감이 지속되어 내고정물 제거술과 관절막 유리술

을 시행하였고 최종 추시 시 주관절의 운동 범위는 굴곡 구축 15도, 후속 굴곡 110도였다 (Fig. 3). 이중 잠금 압박 금속판을 이용한 내고정술 후 평균 25.2개월의 추시상 금속판 또는 나사의 파손이나 이완 등 고정기기와 관련된 합병증은 발견되지 않았다.

고 찰

성인의 상완골 원위부 과간 골절의 치료에 있어 고정 방법의 경우, 여러 연구에 따르면 평행 이중 금속판의 고정 방법이 수직 금속판 보다 더 견고하다는 보고가 있으나^{1,23)}, Wong과 Baratz²²⁾는 두 가지 고정 방법 모두 조기 재활에 충분할 정도의 안정성을 제공한다 하였고, Kimball 등⁸⁾은 평행 이중 금속판의 경우 수술 시 광범위한 골막하 박리로 인하여 지연 유합이나 불유합의 위험성이 있다고 하였다. 이에 저자들은 골절의 안정성이 확보되며 수술 술기도 더 쉬운 직각으로 위치한 금속판 내고정 방법을 사용하였다. Korner 등¹⁰⁾이 보고한 생역학 실험에 따르면 기존의 금속판과 잠금 압박 금속판의 기계적 강도는 큰 차이가 없었으나, 골-금속판 접촉면에서의 기계적 강도는 잠금 압박 금속판이 더 우수하다고 하였으며 고령 환자나 골다공증이 있는 경우, 분쇄가 심한 골절에서 조기 재활치료를 위해 보다 적절한 내고정물이라고 하였다. 또한 Schuster 등¹⁸⁾은 재건 금속판과 잠금 나사 금속판을 서로 직각으로 고정하여 골밀도에 따른 골접합 (osteosynthesis) 정도를 비교한 실험에서 골밀도가 좋은 경우에는 고식적인 재건 금속판과 잠금 나사 금속판 중 어떤 금속판을 사용하던 골접합 정도에 유의한 차이가 없으나 골밀도가 낮은 경우 ($<420 \text{ mg/cm}^3$)에는 잠금 나사 금속판의 나사 이완 정도가 더 적으므로 재건 금속판보다는 잠금 나사 금속판을 사용할 것을 권고하였다. 이러한 점 외에도 최근 제품화된 잠금 압박 금속판은 상완골 원위부의 해부학적 형태에 맞추어 제작되었으므로 복잡한 양상의 분쇄 골절에서도 적절한 금속판 위치의 확인이 수월하다는 장점이 있어, 상완골 원위부 과간 골절에 대한 경험이 적은 술자들에게 도움을 줄 것으로 생각한다.

수술적 치료 후의 여러 합병증들 중 골절 고정부의 안정성 소실은 약 29%까지 보고되고 있으며²⁰⁾, 비록 장기 추시 결과는 아니나 상완골 원위부 과간 골절에 대해 이중 잠금 압박금속판을 사용한 보고³⁾에서는 골절 고정부의 안정성 소실이 발생하는 빈도가 매우 적었다. 본 연구에서도 총 18예 중 골절 정복 상태가 추시 방사선 검사상 확인하게 변화된 경우는 없었으며, 술 후 평균 25.2개월의 추시상 나사의 이완이나 파손 등 내고정물의 기계적 안정성과 관련된 합병증도 발견되지 않았다.



Fig. 3. (A~B) Three-month follow-up radiographs show complete bony union with heterotopic ossification (arrow). (C~D) Postoperative radiographs after implant removal and bony spur excision.

척골 신경 전방 전위술의 필요성에 대해서는 아직 이견이 있으며^{11,19,21)}, 척골 신경 압박 증상이 수술 후 약 5% 정도의 빈도로 발생한다고 보고되어 있다. 본 연구에서는 전례에서 척골 신경 피하 전방 전위술을 시행하여 금속 내 고정물에 의한 기계적 자극이나 관절 주위 조직의 반흔유착에 의한 신경압박을 방지하려고 하였으며, 총 18예 중 3예 (16.7%)에서 척골 신경 압박 증상이 있었으나 약 1~4개월 정도 경과한 후 자연 회복되었다. 또한 추후 금속 내 고정물 제거술이 시행될 것을 예상하여 미리 전방 전위술을 시행함으로써 2차 수술 시 반흔 유착된 연부조직을 박리하면서 생길 수 있는 척골 신경의 손상을 예방하고자 하였다.

상완골 원위부 과간 골절에 대한 수술적 치료 후의 임상 결과로 본 연구에서와 같이 경주두 도달법 및 이중 잠금 금속판을 이용한 보고³⁾에서는 평균 10개월의 추시상 전 예에서 골유합을 얻었으며, Mayo 주관절 수행 점수 91점, 평균 굴곡 구축 17.9도, 평균 후속 굴곡 121도, 주관절 굴곡 근력은 건측의 75%, 주관절 신전 근력은 건측의 71%로 만족스러운 기능 회복을 얻었다고 하였다. 이는 본 연구와 유사한 결과였으며, 꾸준한 재활치료를 통해 술 후 6개월째에 비해 최종 추시 시 관절운동 범위가 향상되는 것을 알 수 있었다.

본 연구의 제한점으로는 첫째, 주관절의 운동 범위나 Mayo 주관절 수행 점수와 같은 평가지표의 측정이 술자 1인에 의해서만 이루어진 점으로 충분한 객관성을 확보하지 못하였다. 둘째, 증례 수가 비교적 적어 술 후의 임상적, 기능적 결과들에 영향을 줄 수 있는 나이, 골절 양상, 동반 손상 유무 등의 연관성에 대한 통계학적 분석이 미흡하였다. 셋째, 술 후 골유합까지의 기간을 단순 방사선 검사에 의해서만 평가한 점으로 관찰자에 따라 오차가 발생할 수 있을 것으로 생각한다. 넷째, 비슷한 골절 양상의 환자들을 대상으로 기존의 다른 금속판 내고정술 또는 수술 접근법과의 객관적 비교연구가 이루어지지 않은 점이다.

결 론

경주두 도달법 및 이중 잠금 금속판을 이용한 내고정술은 불안정성 상완골 원위부 과간 골절에서 견고한 고정을 통해 조기 관절재활을 가능하게 하는 효과적인 치료 방법 중의 하나라고 생각한다.

참 고 문 헌

- 1) **Arnander MW, Reeves A, MacLeod IA, Pinto TM, Khaleel A:** A biomechanical comparison of plate configuration in distal humerus fractures. *J Orthop Trauma*, **22**: 332-336, 2008.
- 2) **Cassebaum WH:** Open reduction of T & Y fractures of the lower end of the humerus. *J Trauma*, **9**: 915-925, 1969.
- 3) **Greiner S, Haas NP, Bail HJ:** Outcome after open reduction and angular stable internal fixation for supra-intercondylar fractures of the distal humerus: preliminary results with the LCP distal humerus system. *Arch Orthop Trauma Surg*, **128**: 723-729, 2008.
- 4) **Gupta R, Khanchandani P:** Intercondylar fractures of the distal humerus in adults: a critical analysis of 55 cases. *Injury*, **33**: 511-515, 2002.
- 5) **Holdsworth BJ, Mossad MM:** Fractures of the adult distal humerus. Elbow function after internal fixation. *J Bone Joint Surg Br*, **72**: 362-365, 1990.
- 6) **Jung WS, Lee KH, Jung JH, Kim SM:** Congruent plate fixation for intercondylar fractures of the humerus. *J Korean Soc Surg Hand*, **11**: 87-91, 2006.
- 7) **Jupiter JB:** Internal fixation for fractures about the elbow. *Techniques Orthop*, **4**: 31-48, 1994.
- 8) **Kimball JP, Glowczewskie F, Wright TW:** Intraosseous blood supply to the distal humerus. *J Hand Surg Am*, **32**: 642-646, 2007.
- 9) **Kom YK, Eom GS:** Opreative treatment of intra-articula T or Y. *J Korean Soc Fract*, **13**: 303-310, 2000.
- 10) **Korner J, Diederichs G, Arzendorf M, et al:** A biomechanical evaluation of methods of distal humerus fracture fixation using locking compression plates versus conventional reconstruction plates. *J Orthop Trauma*, **18**: 286-293, 2004.
- 11) **Lee MJ, Kim HJ, Sohn SK, et al:** Clinical outcome of surgical treatment for intra-articular distal humerus fracture. *J Korean Fract Soc*, **23**: 201-205, 2010.
- 12) **O'Driscoll SW:** Optimizing stability in distal humeral fracture fixation. *J Shoulder Elbow Surg*, **14**: 186S-194S, 2005.
- 13) **Park JY, Seo JB, Chun JY, Kim MH, Min SH, Lee JH:** Treatment of intercondylar fractures of humerus with Y-plate. *J Korean Fract Soc*, **19**: 443-448, 2006.
- 14) **Ring D, Jupiter JB, Gulotta L:** Articular fractures of the distal part of the humerus. *J Bone Joint Surg Am*, **85-A**: 232-238, 2003.
- 15) **Sanchez-Sotelo J, Torchia ME, O'Driscoll SW:** Complex distal humeral fractures: internal fixation with a princi-

1) **Arnander MW, Reeves A, MacLeod IA, Pinto TM, Khaleel A:** A biomechanical comparison of plate config-

- ple-based parallel-plate technique. *J Bone Joint Surg Am*, **89**: 961-969, 2007.
- 16) **Sanders RA, Raney EM, Pipkin S**: Operative treatment of bicondylar intraarticular fractures of the distal humerus. *Orthopedics*, **15**: 159-163, 1992.
 - 17) **Schemitsch EH, Tencer AF, Henley MB**: Biomechanical evaluation of methods of internal fixation of the distal humerus. *J Orthop Trauma*, **8**: 468-475, 1994.
 - 18) **Schuster I, Korner J, Arzdorf M, Schwieger K, Diederichs G, Linke B**: Mechanical comparison in cadaver specimens of three different 90-degree double-plate osteosyntheses for simulated C2-type distal humerus fractures with varying bone densities. *J Orthop Trauma*, **22**: 113-120, 2008.
 - 19) **Shin R, Ring D**: The ulnar nerve in elbow trauma. *J Bone Joint Surg Am*, **89**: 1108-1116, 2007.
 - 20) **Södergård J, Sandelin J, Böstman O**: Mechanical failures of internal fixation in T and Y fractures of the distal humerus. *J Trauma*, **33**: 687-690, 1992.
 - 21) **Wang KC, Shih HN, Hsu KY, Shih CH**: Intercondylar fractures of the distal humerus: routine anterior subcutaneous transposition of the ulnar nerve in a posterior operative approach. *J Trauma*, **36**: 770-773, 1994.
 - 22) **Wong AS, Baratz ME**: Elbow fractures: distal humerus. *J Hand Surg Am*, **34**: 176-190, 2009.
 - 23) **Zalavras CG, Vercillo MT, Jun BJ, Otarodifard K, Itamura JM, Lee TQ**: Biomechanical evaluation of parallel versus orthogonal plate fixation of intra-articular distal humerus fractures. *J Shoulder Elbow Surg*, **20**: 12-20, 2011.