

골두-골간 금속판 고정술을 이용한 근위 상완골 골간단 분쇄골절의 치료

정 성 원

성균관대학교 의과대학 삼성창원병원 정형외과학교실

목 적: 근위 상완골 골간단 분쇄골절에서 최소 침습 접근법을 변형하여 이중 접근법, 즉 삼각 흉간 접근법을 이용하여 골절편을 정복하고, 삼각근 절개 접근법을 이용하여 상완골의 골두와 골간 부위에 금속판 고정술 후 임상적 및 방사선학적 치료 결과를 분석하였다.

대상 및 방법: 삼각 흉간 접근법으로 절개를 시행하여 골절편의 정복술을 시행한 후 추가로 삼각근 절개 접근법으로 절개를 시행하여 골두를 노출시킨 후 금속판을 이용하여 골두와 골간 부위를 고정하였다.

결 과: 전 예에서 골유합을 얻었다. 임상적인 결과는 Visual Analog Scale 점수는 평균 3.5점이었고, Constant 점수는 평균 66.5점으로 우수 4예, 양호 6예, 보통 6예, 불량 2예였다. 방사선학적인 결과는 경간각은 127.5°로 양호 14예, 보통 4예였다.

결 론: 최소 침습 접근법을 변형하여 이중 접근법 및 상완골의 골두와 골간 부위에 금속판 고정술은 정확한 정복과 적은 합병증, 연부조직의 박리가 적어 비교적 만족할 만한 결과를 얻을 수 있는 술기라 판단된다.

색인 단어: 상완골, 골간단, 골두-골간 골단 고정술, 금속판

A Separate Approach and Cephalo-Diaphyseal Plate Fixation for the Comminuted Metadiaphyseal Fractures of the Proximal Humerus

Sung-Weon Jung, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Samsung Changwon Hospital, Sungkyunkwan University School of Medicine, Changwon, Korea

Purpose: To evaluate clinical and radiological outcomes for the comminuted metadiaphyseal fractures of the proximal humerus treated with a separate minimally invasive approach deltopectoral approach for fracture fragment reduction and deltoid splitting approach for cephalo-diaphyseal plate fixation.

Materials and Methods: Eighteen patients (6 men and 12 women), who underwent surgery between March 2007 and February 2011, were included. A deltopectoral approach was used to expose and reduce the fracture fragments and an additional deltoid splitting approach was used to expose the humeral head. A locking plate was inserted under the muscle window and a cephalo-diaphyseal fixation was performed. All patients were examined and interviewed using the Visual Analog Scale (VAS) score, Constant score and standardized X-rays to check the time to fracture healing, neck-shaft angle (NSA).

Results: All fractures were united, and mean healing time was 20 weeks. The average VAS score was 3.5 points (range, 0-5) and the average Constant score was 66.5 points (range, 30-90). Final functional outcomes were four cases of excellent, six cases of good, six cases of fair and two cases of poor. The average NSA was 127.5° (range, 100-140).

Conclusion: A separate approach and cephalo-diaphyseal plate fixation in operative treatment of the metadiaphyseal fractures of the proximal humerus is an effective, reliable treatment option that could reduce the fracture fragments accurately, with less dissection of the soft tissue and lower the complications. A further study including many cases and longer follow-up will be needed to improve the quality of the study.

Key Words: Humerus, Metadiaphyseal, Cephalo-diaphyseal, Plate

통신저자 : 정 성 원

창원시 마산회원구 팔용로 158, 성균관대학교 의과대학

삼성창원병원 정형외과

Tel : 055-290-6030 • Fax : 055-290-6888

E-mail : can1204@hanmail.net

접수: 2011. 12. 6

심사(수정): 1차 2012. 1. 13, 2차 2012. 3. 9, 3차 2012. 8. 19,
4차 2012. 9. 22

게재확정: 2012. 11. 23

Address reprint requests to : Sung-Weon Jung, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Samsung Changwon Hospital,

Sungkyunkwan University School of Medicine, 158, Paryong-ro,

Masanhoewon-gu, Changwon 630-723, Korea

Tel : 82-55-290-6030 • Fax : 82-55-290-6888

E-mail : can1204@hanmail.net

서 론

상완골 골간단 골절은 근위 상완골 골절이나 상완골 간부 골절과는 다르게 고에너지 외상에 의해 발생하며, 분쇄가 심하고 전위가 많아 정확한 정복이 어려운 골절이다. 수술 이후에도 부종유합, 불유합, 견관절과 주관절의 동통과 운동 범위의 제한, 요골신경의 마비 등 여러 가지 합병증을 일으킬 수 있다. 치료방법으로는 석고고정술 혹은 보조기를 이용한 보존적 치료, K 강선 혹은 나사를 이용한 다발성 고정술, 골수강 내 고정술, 금속판을 이용한 고정술 등이 있다^{3,14}. 전통적인 치료방법인 개방적 정복술과 금속판 고정술은 정확한 정복이 가능하고, 신경과 혈관 손상이 적으나, 절개와 박리가 크고 출혈이 많아 고령 환자나 간질환이나 신장 질환 등 기저 질환을 앓고 있는 환자에게 적용하기 부담스럽다^{3,15}. 골수강 내 고정술은 절개와 박리가 적고 출혈이 적으나, 분쇄가 심한 경우 간접 정복술이 어려워 추가적인 절개가 필요하고 액와신경이나 요골신경의 손상이 흔하며 불유합의 빈도가 높아 2차 수술이 필요할 수 있다^{3,16}. 최근 많이 사용되고 있는 잠금 압박 금속판은 기존의 T형 금속판 혹은 압박 금속판에 비해 골절편의 혈액 공급을 보존할 수 있고 초기 견고한 각 안정성 및 회전 안정성을 얻을 수 있어 조기에 관절 운동을 가능하여 고정술이 어려운 골절에도 점차 흔하게 사용되고 있다¹⁵.

이러한 복합 손상의 치료에 있어 가장 중요한 점은 정확한 정복과 연부조직 손상의 최소화이다. 삼각 흉간 접근법은 표준 접근법으로 여겨지고 있으나 많은 연부조직 박리와 삼각근의 일부 분리를 해야 하고, 이는 상완골 골두에 혈류 공급을 하는 전 상완 회선동맥을 위협하게 할 뿐 아니라 골절된 부분의 비혈관화(devascularization)를 유발할 수 있다. 상완골 골절의 최근 치료 경향은 연부조직의 박리와 출혈을 줄이기 위해 최소 침습 접근법 혹은 이를 변형한 접근법을 이용한다는 것이다^{9,11}. 그러나, 상완골 골간단 골절의 경우 골절편의 분쇄와 전위가 심해 간접적 정복술로는 한계가 있다. 이에 저자들은 근위 상완골 골간단 분쇄골절의 치료에서 최소 침습 접근법을 변형하여 이중 접근법(separate approach), 즉 삼각 흉간 접근법을 이용하여 골절편을 정복하고, 삼각근 절개 접근법을 이용하여 상완골의 골두 부위 금속판 고정술을 시행한 후 결과를 분석하였다.

대상 및 방법

2007년 3월에서 2011년 2월까지 상완골 골간단 분쇄골절에서 최소 침습 이중 접근법을 이용하여 수술을 시행하고 최소 12개월 이상 추시가 가능하였던 18명의 환자를 대

상으로 하였다. 평균 연령은 54.5세(42-73세)였으며 남자가 6예, 여자가 12예였다. 추시 시간은 평균 18개월(12-36개월)이었다. 손상 기전은 교통사고가 10예, 넘어진 경우 4예, 작업도중 기계에 의한 손상이 2예, 추락사고 2예로 교통사고에 의한 경우가 가장 많았다(Table 1). 임상적인 결과는 골유합의 유무 및 골유합에 걸리는 시간, Visual Analog Scale (VAS) 점수, Constant 점수를 이용하여 우수, 양호, 보통, 불량으로 평가하였다. 방사학적인 결과는 단순 방사선 검사를 이용하여 골유합의 여부와 걸리는 시간, 경간각을 평가하였다. 견관절의 운동 범위는 2005년 대한정형외과 장해판정기준에서 나오는 운동 범위를 기준으로 하였으며 요골신경 손상은 완관절과 수지의 중수 수지관절에서 신전유무로 판단하였다.

1. 수술 방법

환자를 양와위로 눕히고 판자를 이용하여 방사선이 투과될 수 있도록 하였으며 수술대를 90° 회전하여 C-arm 투시기가 쉽게 들어올 수 있도록 하였다. 전 후상 및 측면 액와상을 촬영하여 골절편의 전위 정도를 확인하였다. 우선 삼각 흉간 접근법(deltpectoral approach)으로 약 7-8 cm의 피부 절개를 시행하고 쇄골 흉막 근막 아래로 박리하며, 필요하면 삼각근의 1/2 정도를 박리하여 골절편을 노출시켰다. 상완골 경부 주위의 액와신경에 주의하면서 골절편의 개방적 정복술을 시행하고 K 강선으로 임시고정하였다. 이후 추가로 삼각근 절개 접근법(deltoid splitting)으로 약 3-4 cm 피부 절개를 시행하여 상완골 골두를 노출시킨 잠금 압박 금속판(the PHILOS plates, Synthes, Stratec Medical Ltd., Solothurn, Switzerland)을 삽입하였다. 상완골의 원위 1/3 지점까지 금속판이 내려온 경우 요골신경을 확인하고 금속판을 고정하였다(Fig. 1). 금속판이 상완골에 정확하게 위치함을 확인한 후 골두 부위에 4-5개, 골간 부위에 4-5개의 나사를 고정하였다(Fig. 1E-H). 마지막으로 C-arm 투시기를 이용하여 골절편의 안정성과 정확한 금속판과 나사의 위치를 확인하였다. 술 후 골절의 분쇄 정도나 수술의 안정성에 따라 어깨 외전 보조기 또는 U형 석고부목을 술 후 4-6주간 착용하고, 이 기간 동안 수동적 거상 운동 및 추운동을 병행하여 시행하였으며, 이후 방사

Table 1. Summary of the Patients Characteristics

Objective	Case
Male : Female (cases)	6 : 12
Mean age (yr)	54.5 (42-73)
Follow-up (mo)	18 (12-36)

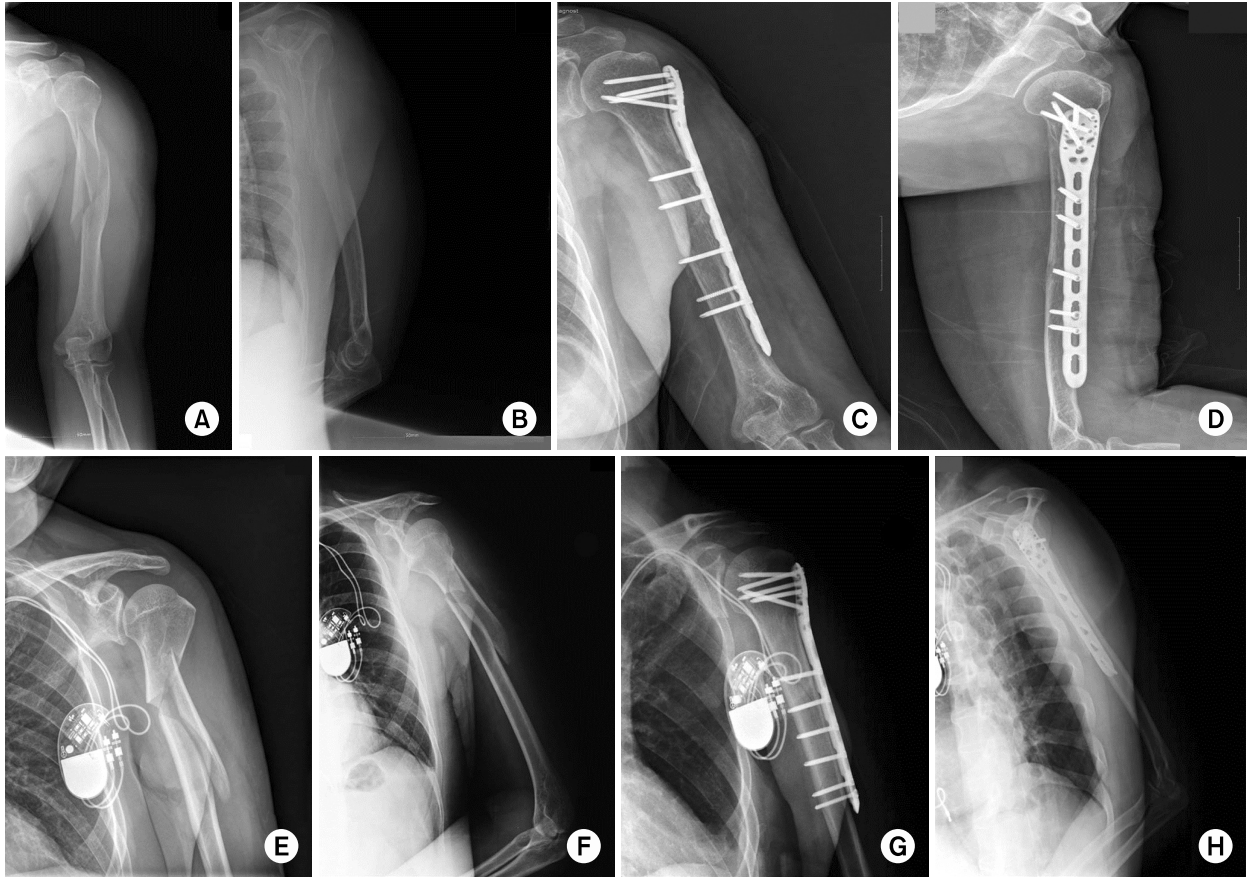


Fig. 1. (A, B) Preoperative radiographs of 63-year-old woman with comminuted meta-diaphyseal fracture of humerus. Note the long spiral and displacement of the fracture fragments.

(C, D) Radiographs at postoperative 18 months shows good alignment and bone union. Neck-shaft angle (NSA) was 130° and the medial cortex was anatomically reduced.

(E, F) Preoperative radiographs of 55-year-old woman with comminuted meta-diaphyseal fracture of humerus.

(G, H) Radiographs at 12 months show good alignment and bone union. NSA was 130° and the medial cortex was anatomically reduced.

선 사진상 골유합의 소견이 보이면 외회전 및 내회전을 포함한 능동적 관절 운동을 시작하였다.

결 과

전 예에서 골유합을 얻었으며, 골유합에 걸린 시간은 평균 20주(범위, 16-32주)였다. 대부분의 예에서 분쇄의 소견을 보여 비교적 골유합의 시간이 길었다. 임상적인 결과는 VAS 점수는 평균 3.5점(범위, 0-5점)이었고, Constant 점수는 평균 66.5점(범위, 30-90점)으로 우수 4예, 양호 6예, 보통 6예, 불량 2예였다. 견관절의 운동 범위는 굴곡 145.5° (120° - 180°), 외전 128.7° (100° - 180°), 내회전 77.5° (60° - 90°), 외회전 34.1° (30° - 60°) 소견을 보였다(Table 2).

방사선학적인 결과는 경간각은 127.5° (범위, 100° - 140°)

였다(Table 2). 골절선이 상완골의 골두까지 미치는 경우가 적어 경간각이 소실되는 경우는 없었다. 합병증은 오랜 고정으로 인한 견관절 강직 1예와 술 후 일시적인 요골신경 마비 1예, 천부감염 1예, 총 3예였다(Table 3). 견관절의 강직 1예는 분쇄가 심했고 오랜 고정기간으로 인한 것으로 판단되며, 이후 적극적인 재활치료를 술 후 10개월에 회복 소견을 보였다. 요골신경마비 1예의 경우 수술 이후 완관절과 수지의 신전불가 소견을 보여 견인손상에 의한 신경 마비로 판단되며, 재수술하지 않고 경과관찰 시행하여 술 후 8개월에 자발적 회복을 보였다. 기저질환으로 당뇨와 조기 간경화를 가지고 있는 1예의 경우 수술 상처 부위에 천부감염이 발생하여 변연 절제술 및 지연 봉합을 시행하여 술 후 1개월에 감염 치료 소견을 보였다. 부정유합 혹은 정복소실로 인하여 재수술을 시행한 예는 없었다.

Table 2. Functional and Radiological Results

Objective	Score
VAS score (mean value)	3.5 (0-5)
Constant score (mean value)	66.5 (30-90)
-Pain	8.1 (3-15)
-Strength	17.8 (10-25)
-Activities of daily living	14.2 (10-20)
-Range of motion	26.4 (10-35)
Forward flexion	145.5 (120-180)
Lateral abduction	128.7 (100-180)
Internal rotation	77.5 (60-90)
External rotation	34.1 (30-60)
Time to bone union (wk)	20.0 (16-32)
Neck-shaft angle (degrees)	127.5 (100-140)

VAS: Visual Analog Scale.

1. 증례 1

63세 여자가 오토바이 사고로 인하여 상완골 골간부의 나선상 분쇄골절로 내원하였다. 수술 전 간접 정복술을 시행하였으나 분쇄와 전위가 심해 만족할 만한 정복을 할 수 없었다. 삼각 흉각 접근법을 이용하여 개방적 정복술 후 삼각근 절개 접근법으로 골두를 노출시켜 금속판을 삽입하였다. 금속판이 원위 1/3 지점까지 내려와 요골신경을 확인하고 나사 고정술을 시행하였다. 평소 간경화의 기저 질환으로 천부감염의 소견을 보였으나 항생제 투여와 지연봉합으로 술 후 1개월에 감염 치료 소견을 보였다. 술 후 3개월에 정상에 가까운 운동 범위와 4개월에 골유합의 소견을 보였다(Fig. 1A-D).

2. 증례 2

55세 남자가 넘어지면서 발생한 상완골 골간부의 나선상 분쇄골절로 내원하였다. 평소 심장 질환을 앓고 있어 항응고제를 끊고 수상 1주일에 수술을 시행하였다. 역시 간접 정복술로 만족할 만한 정복을 할 수 없어 증례 1과 같은 방법으로 정복술 후 금속판을 고정하였다. 술 후 3개월에 정상에 가까운 운동 범위와 수술 4개월 후 골유합의 소견을 보였다(Fig. 1E-H).

고 찰

상완골 골간단 골절은 해부학적 특성상 쉽게 골유합을 얻을 수 있어 과거에는 대부분 비수술적 방법으로 골유합을 얻었으나, 최근에는 수술 방법의 발달과 조기 관절 운동을 위하여 수술적 치료를 선택하는 경향이 높다. 수술

Table 3. Summary of Complications

Complication	Case
Joint stiffness	1
Radial nerve palsy	1
Superficial wound infection	1
Total	3

적 적응증으로 도수정복으로 유지가 되지 않는 불안정성 골절, 개방성 골절, 다발성 손상, 병적 골절, 동반된 골절이 있는 경우, 분절골절 등이 있는데, 근위 상완골 골절이나 상완골 간부 골절과는 다르게 분쇄가 심하고 전위가 많아 대부분 수술적 치료를 필요로 한다. 수술적 치료의 주된 목표는 정확한 정복과 정복된 골절의 안정화에 있으며, 만약 정복이 부족하거나, 골소실이 심한 경우, 특히 골다공증을 동반한 골절에서 적절한 정복이 이루어지지 않은 경우 추후 고정 실패가 올 수 있어, 정확한 정복 및 견고한 고정은 정복 소실과 골절된 골편의 붕괴 예방에 필수적이라 할 수 있다.

수술적 치료에는 크게 금속판 고정술과 골수강 내 정고정술이 있으며, 대부분의 연구에서 두 가지 치료방법의 골유합의 유무나 걸리는 시간에 있어서는 크게 차이가 없으나, 몇 가지 장단점이 있다. 금속판 고정술이 정복, 주위 관절의 통증이나 운동 범위, 요골신경손상과 같은 합병증의 유무에 있어서 장점을 가지나, 외과적인 절개가 크고 출혈이 많을 수 있으며, 골수강 내 정고정술은 피부 절개나 연부조직 절개가 적고 출혈이 적다는 장점이 있지만, 정복이나 신경손상, 불유합으로 인한 2차 수술에 대한 위험을 가지고 있다^{3,4)}. 저자들의 경우 초기에는 골수강 내 정고정술을 시행하였으나 상완골 골간단 골절의 경우 정복이 어려운 경우가 많고, 수술 이후 지속적인 견관절 통증의 호소, 불유합으로 인한 2차 수술의 경험으로 금속판 고정술을 시행하게 되었다. 허나 금속판 고정술의 경우 위에서 언급한 바와 같이 수술 절개가 길다는 문제점이 있기 때문에 최소 침습 접근법을 변형한 술식을 고려하게 되었다.

최소 침습법의 이점은 골다공증이 동반된 대결절 골절에서 지지대 금속판(butress plate)으로 이용되고 골간단 골절(meta-diaphyseal fracture)에서도 수정된 방법으로 이용될 수 있다^{1,11)}. Rancan 등¹⁷⁾은 long PHILOS plate를 이용한 최소 침습적 골접합술이 상완골 근위부의 골간단 골절의 안전한 치료법이라 발표하였으나 상완골 골간단의 골절의 경우 분쇄와 전위가 심하여 간접 정복술로만 정복하기에는 무리가 있다. 다른 저자들은 성공적인 치료에도 불구하고 다른 관점을 가지는 경우도 있는데, Laflamme 등¹⁰⁾은 골의 질이나 생물학적 나이, 해부학적 정복술과 내

측 피질골 지지대(medial cortical support)는 성공적 수술적 치료에 필수적 요소라 보고하였다. 이러한 요소들을 고려하여 결국 수술 방법의 선택은 술자의 경험이나 선호도에 의해 결정될 것이다.

기존의 T형 금속판 혹은 칼날 금속판의 경우 골다공증이 있거나 4분절의 심한 분쇄가 있는 근위 상완골 골절에서 정복 소실, 2차적인 금속판 고정 실패, 상완골 골두의 괴사, 견고한 내고정의 어려움 때문에 인한 조기 운동이 어렵고, 금속판에 의한 충돌 증후군, 불유합 등의 합병증이 발생할 수 있다. 이런 고식적인 금속판의 단점을 보완하기 위해 최근 사용되고 있는 잠금 압박 금속판은 부피가 작고 낮은 강성과 높은 탄성을 가지고 있으며 초기 안정성 및 회전 안정성 등으로 견고한 고정력을 가질 수 있어 골다공증이 있는 노령의 환자에게도 사용될 수 있다¹²⁾.

해부학적 정복에 가장 중요한 두 가지 요소는 경간각의 유지와 내측지지대(medial support)의 회복이다^{8,13)}. Agudelo 등²⁾은 잠금 금속판을 사용하여 치료한 결과 술 후 경간각이 120° 미만으로 내반 정복된 경우 그렇지 않은 경우보다 더 흔하게 금속물 고정 실패가 발생한다고 하였으며, Gardner 등⁶⁾도 근위 상완골 골절에 있어 내측 피질골 지지의 중요성을 설명하고 해부학적인 정복 또는 경도의 감입 정복, 상완골 근위 골편의 하내부에 나사를 이용한 고정 등이 정복을 유지하는 데 중요하다고 하였다.

상완골 간부 골절에서 술 전 혹은 술 후 요골신경마비는 드물지 않게 발견되나, 골간단 골절에는 비교적 드물며, 이는 요골신경이 상완골의 근위부를 주행하는 동안 요골신경은 간부의 후내측에 위치하고 중간을 주행하는 동안은 간부의 후방, 원위부에서는 상완근과 상완 요골근의 사이의 간부의 외측부에 위치하게 되기 때문이다. 대부분의 요골신경마비는 원위부 1/3에 발생한 나선상의 골절과 동반되는데 이는 상완골의 외측 원위부에서 요골신경과 상완골이 가장 밀접해져 있고 요골신경이 상완골의 외측 상과부에서 외측 근간 격막을 통과할 때 그 가동성이 가장 떨어져 견인력에 의한 요골신경의 손상이 잘 발생한다. 금속판을 상완골의 외측에 부착하므로 골절선이 아래로 내려와 원위 1/3 아래로 금속판을 부착할 경우 반드시 요골신경을 확인하고 나사고정이 필요하다. 저자들의 일시적인 요골신경마비의 경우 초기 요골신경을 확인하지 않고 나사를 고정하는 도중 발생한 신경의 견인으로 인한 일시적 마비로 판단된다.

액와신경이나 전상완골 회선동맥에 대한 손상도 비교적 흔하다. Gardner 등⁶⁾은 사체 연구를 통해 액와신경이 견봉에서 보통 6.3±0.5 cm 밑에 위치함을 보고했으며, Smith 등¹⁸⁾은 PHILOS 금속판의 경우 7번째 나사 삽입구와 액와신경의 주행로가 일치하여 6개의 근위나사 삽입이 비교적

안전하다고 보고했다. 그들은 근위판과 나사를 삽입하는 동안 부드러운 촉진 및 신경의 수지 보호의 필요성을 강조했으나 견인 부상을 피하기 위해 이를 시행하는 것은 권장되지 않으며, 저자들의 경우 상완골 골간단 골절에서 액와신경 손상을 의심하는 소견을 보이지는 않았는데 이는 근위 상완골 골절과는 다른 점이었다.

상완골 골간단부의 분쇄가 심한 골절의 경우 기존의 최소 침습법만으로는 만족할 만한 정복을 이루기 힘든 경우가 많으며, 자칫 의도치 않은 과한 연부조직 박리로 인한 상완 회선동맥 손상으로 술 후 상완골두 괴사가 발생할 수 있고, 또한 골절선이 긴 경우 정복을 위한 절개가 과도하게 연장되어 술 후 회복에 악영향을 일으킬 가능성이 있다. 본 연구에서는 그러한 합병증들의 발생 위험을 줄이면서 충분한 정복을 얻기 위한 방법으로 최소 침습법을 변형하여 이중 절개를 통한 수술을 진행하였으며, 결론적으로 보다 적은 연부조직 박리를 통해 만족할 만한 정복과 금속판 고정으로 좋은 결과를 얻을 수 있었다.

이 연구는 몇 가지 제한점을 가지고 있다. 첫째, 환자수가 비교적 부족하다는 것이다. 근위 상완골 골절의 경우 비교적 흔한 반면 큰 외상과 에너지를 필요로 하는 상완골 골간단의 골절은 드물기 때문이다. 둘째, 본 연구는 후향적 연구로, 임상적인 결과로서의 결론을 도출하기 부족하다는 것이다. 추후 연구의 질을 높이기 위해 전향적 연구 혹은 골수강 내 금속정 고정술 등과의 비교 연구가 필요할 것이다. 셋째, 수술 방법이 두 개의 절개를 필요로 하는데 이는 정확한 정복을 위해서이나, 추후 미세 접근법 등의 추가 연구가 필요하리라 판단된다.

결 론

근위 상완골 골간단 분쇄골절에서 최소 침습 접근법을 변형하여 이중 접근법, 즉 삼각 흉간 접근법을 이용하여 골절편을 정복하고, 삼각근 절개 접근법을 이용하여 상완골의 골두와 골간 부위에 금속판 고정술은 정확한 정복과 적은 합병증, 연부조직의 박리가 적어 비교적 만족할 만한 결과를 얻을 수 있는 술기라 판단된다. 추후 많은 증례와 오랜 추시 관찰을 통한 추가 연구가 필요할 것이다.

참 고 문 헌

- 1) Acklin YP, Sommer C: Plate fixation of proximal humerus fractures using the minimally invasive anterolateral delta split approach. *Oper Orthop Traumatol*, **24**: 61-73, 2012.
- 2) Agudelo J, Schürmann M, Stahel P, et al: Analysis of efficacy and failure in proximal humerus fractures treated

- with locking plates. *J Orthop Trauma*, **21**: 676-681, 2007.
- 3) **Bae SW, Kim WJ, Song BY, Choi NH, Lee JH**: Postoperative functional assessments in adult humerus shaft fractures -comparison among plates and screws, intramedullary nail and external fixator-. *J Korean Fract Soc*, **14**: 228-235, 2001.
 - 4) **Blum J, Hansen M, Rommens PM**: Angle-stable intramedullary nailing of proximal humerus fractures with the PHN (proximal humeral nail). *Oper Orthop Traumatol*, **21**: 296-311, 2009.
 - 5) **Bono CM, Grossman MG, Hochwald N, Tornetta P 3rd**: Radial and axillary nerves. Anatomic considerations for humeral fixation. *Clin Orthop Relat Res*, (**373**): 259-264, 2000.
 - 6) **Gardner MJ, Griffith MH, Dines JS, Lorich DG**: A minimally invasive approach for plate fixation of the proximal humerus. *Bull Hosp Jt Dis*, **62**: 18-23, 2004.
 - 7) **Jiang R, Luo CF, Zeng BF, Mei GH**: Minimally invasive plating for complex humeral shaft fractures. *Arch Orthop Trauma Surg*, **127**: 531-535, 2007.
 - 8) **Kim DW, Kim CK, Jung SW, Kim HS**: Operative treatment of displaced proximal humerus fractures with the angular stable locking compression plate. *Clin Should Elbow*, **14**: 27-34, 2011.
 - 9) **Koch PP, Gross DF, Gerber C**: The results of functional (Sarmiento) bracing of humeral shaft fractures. *J Shoulder Elbow Surg*, **11**: 143-150, 2002.
 - 10) **Laflamme GY, Rouleau DM, Berry GK, Beaumont PH, Reindl R, Harvey EJ**: Percutaneous humeral plating of fractures of the proximal humerus: results of a prospective multicenter clinical trial. *J Orthop Trauma*, **22**: 153-158, 2008.
 - 11) **Lau TW, Leung F, Chan CF, Chow SP**: Minimally invasive plate osteosynthesis in the treatment of proximal humeral fracture. *Int Orthop*, **31**: 657-664, 2007.
 - 12) **Lill H, Hepp P, Rose T, König K, Josten C**: The angle stable locking-proximal-humerus-plate (LPHP) for proximal humeral fractures using a small anterior-lateral-deltoid-splitting-approach-technique and first results. *Zentralbl Chir*, **129**: 43-48, 2004.
 - 13) **Min WK, Sin SJ, Jeon IH, et al**: Fixation failure of LCP during the treatment of proximal humerus fractures. *J Korean Fract Soc*, **19**: 188-192, 2006.
 - 14) **Oh CH, Oh JH, Kim SH, Jo KH, Bin SW, Gong HS**: Hemiarthroplasty with bone block graft and low profile prosthesis for the comminuted proximal humerus fractures. *J Korean Fract Soc*, **21**: 213-219, 2008.
 - 15) **Park CH, Park SH, Seo JS**: Internal fixation of proximal humerus fracture with locking compression plate. *J Korean Shoulder Elbow Soc*, **12**: 44-52, 2009.
 - 16) **Park JY, Oh JH, Kho DH, Jung JK**: Intramedullary nail on the humeral fracture. *J Korean Fract Soc*, **21**: 244-254, 2008.
 - 17) **Rancan M, Dietrich M, Lamdark T, Can U, Platz A**: Minimal invasive long PHILOS®-plate osteosynthesis in metadiaphyseal fractures of the proximal humerus. *Injury*, **41**: 1277-1283, 2010.
 - 18) **Smith J, Berry G, Laflamme Y, Blain-Pare E, Reindl R, Harvey E**: Percutaneous insertion of a proximal humeral locking plate: an anatomic study. *Injury*, **38**: 206-211, 2007.