

상완골 간부 골절에 대한 최소 침습적 전방 금속판 고정술

이현주 · 오창욱 · 김도형 · 박경현

경북대학교병원 정형외과

목 적: 최소침습적 방법으로 상완골 간부 골절에 전방 금속판 고정술을 시행하고 그 효용성과 결과를 알아보려고 하였다.

대상 및 방법: 상완부 간부 골절을 치료받은 22예 중 AO/OTA 분류상 A형 8예, B형 8예, C형 6예이었으며, 3예의 개방성 골절을 포함하였다. 최소 침습적 금속판 고정술은 방사선 투시경을 이용하여 잠김 금속판이 상완골의 전면에 오도록 시행하였으며, 최소 3개 이상의 나사못을 근위와 원위 골편에 각각 고정하였고, 방사선학적 및 기능적 결과를 평가하였다.

결 과: 22예 중 20예에서 평균 17.5주에 골유합을 얻었으며, 2예에서 지연 유합이 있었다. 2예에서 불유합이 발생하여, 추가적인 수술이 필요하였다. 1예의 원위부 골절을 제외한 대부분의 환자에서 주관절과 견관절 기능이 만족스럽게 회복되었으며, Mayo elbow score는 평균 17.4점, UCLA shoulder score는 97.3점이었다. 합병증으로는 수술 중 원위부의 잘못된 견인으로 요골 신경마비가 1예 있었으나, 3개월 후 완전 회복되었으며, 감염을 포함한 합병증은 없었다.

결 론: 상완골 간부 골절에 대한 최소침습적 전방 금속판 고정술은 높은 골유합율과 낮은 합병증을 가지므로, 수술방법의 하나로 선택될 수 있을 것으로 생각한다.

색인 단어: 최소 침습적 금속판 고정술, 상완골 간부 골절, 잠김압박금속판

Minimally Invasive Anterior Plating of Humeral Shaft Fractures

Hyun-Joo Lee, M.D., Chang-Wug Oh, M.D., Do-Hyung Kim, M.D., Kyung-Hyun Park, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Kyungpook National University Hospital, Daegu, Korea

Purpose: We evaluated the efficacy and results of minimally invasive anterior plating for humeral shaft fracture.

Materials and Methods: Twenty-two cases of humeral shaft fracture were reviewed, including 8 cases of type A, 8 of type B and 6 of type C (AO/OTA classification). There were three open fractures. The fracture was fixed with MIPO (minimally invasive plate osteosynthesis) technique under C-arm guide. A locking compression plate was located in anterior aspect of the humerus with at least three screws fixed in each fragment. Radiologic and functional results were evaluated.

Results: In 20 of 22 cases, bony union was achieved with the mean period of 17.5 weeks, including 2 cases of delayed union. There were 2 cases of nonunion, which needed the further operative procedure. Except one case of distal 1/3 fracture, all cases showed satisfactory elbow and shoulder function with the mean Mayo elbow score of 17.4 and mean UCLA shoulder score of 97.3. In complication, there was one case of radial nerve palsy due to improper traction, but it was completely improved after 3 months. Otherwise, there was no complication including infection.

Conclusion: Anterior MIPO for humeral shaft fracture may be another option of operative methods with high union and low complication rate.

Key Words: MIPO, Humeral shaft fracture, Locking compression plate

통신저자 : 오 창 욱

대구시 중구 동덕로 130
경북대학교병원 정형외과
Tel : 053-420-5630 • Fax : 053-422-6605
E-mail : cwoh@knu.ac.kr

Address reprint requests to : Chang-Wug Oh, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Kyungpook National University Hospital, 130, Dongdeok-ro, Jung-gu, Daegu 700-721, Korea
Tel : 82-53-420-5630 • Fax : 82-53-422-6605
E-mail : cwoh@knu.ac.kr

접수: 2011. 2. 12

심사(수정): 1차 2011. 4. 21, 2차 2011. 7. 18

게재확정: 2011. 9. 2

서 론

대부분의 상완골 간부 골절에서 보존적 치료가 가능하나, 장기간의 석고 고정에 따른 관절 강직 등이 따르고, 부정 유합의 가능성이 높으므로, 다발성 손상, 개방성 골절 등의 경우 수술적 치료가 우선시되고 있다¹⁴⁾. 금속판을 이용한 관혈적 정복 및 내고정술은 상완골 간부골절의 정확한 정복을 얻을 수 있는 가장 보편적인 방법으로 사용되어 왔으나, 광범위한 접근법에 따른 골절주위 연부 조직 및 골막의 손상과 그에 따른 출혈, 불유합, 심부 감염이 적지 않게 보고되고 있다^{3,4,21)}. 하지 골절에서 주로 이용되고 있는 골수강내 고정술은 골절부를 개방하지 않는 비관혈적 정복을 획득하므로 관혈적 금속판 고정술에 비하여 골절의 유합율이 우수하고, 감염의 가능성이 적은 장점이 있다. 하지만 상완골 간부 골절에 대한 골수강 내 고정술은 손상이 없었던 상완골 근위부, 또는 원위부의 골에 삽입구를 만들어 고정해야 하므로 그에 따른 건관절 또는 주관절의 동통 및 운동제한과 같은 원치 않는 합병증이 따를 수 있는 단점이 있다^{17,18)}.

최근 골절 치료 분야에서 각광받고 있는 최소 침습적 금속판 고정술은 골절부를 개방치 않고 간접정복을 통하여 금속판을 고정하므로 출혈이 적고, 심부 감염 및 불유합율이 낮으며, 특히 분쇄골절에서 유합율이 높은 장점이 있다^{2,16)}. 최근 상완골 골절에서 최소 침습적 금속판 고정술이 시도되고 있으나, 그에 대한 보고는 많지 않다. 본 연구에서는 상완골 간부 골절에서 최소 침습적 금속판 고정술을 시행하고, 방사선 및 기능적 결과, 합병증 등을 평가하고 문헌고찰을 하고자 하였다.

대상 및 방법

2005년부터 2008년까지 본원에서 상완골 간부 골절에 대해 최소 침습적 전방 금속판 고정술을 시행하고 최소 1년 이상의 추시 기간 (평균 20.3개월, 범위: 13~38개월)을 가진 22예 (22환자)를 대상으로 하였다. 남자가 1예, 여자가 11예이었고, 평균 나이는 38.9세 (범위: 13~83세)였다. 수상의 원인으로 교통사고가 12예, 낙상이 10예이었으며, 11예에서 다른 부위의 골절 또는 외상을 동반하였다.

최소 침습적 금속판 수술은 폐쇄성 및 Gustilo-Anderson 개방성 제I, II형 골절, 다발성 손상을 동반한 골절, 환자의 비협조 등에 의해 3~4주 이내 보존적 치료가 실패한 경우, 보존적인 방법으로 정복의 유지가 힘든 불안정성 골절을 대상으로 하였다. 병적 골절, 재골절, 제III형 이상의 개방성 골절은 제외하였다. 위치에 따른 적응증으로 외과적 경부 (surgical neck) 아래 5 cm에서 상완골 원위부의 주

두와 (olecranon fossa) 상부 5 cm 내의 골절을 대상으로 하였다.

1. 수술방법

수술 시 환자를 방사선이 투과되는 수술 침대 위에 양와 위로 위치시키고, 환측 상지를 외전하여 시행하였다. 영상 증폭기는 환측에 설치하여 상완골의 전장을 확인할 수 있도록 하였다. 금속판은 4.5~5.0 mm의 좁은 잠김 압박 금속판 (narrow locking compression plate, Synthes®, Oberdorf, Switzerland)을 주로 사용하였고, 근위 1/3 또는 원위 1/3 골절에서 3개 이상의 나사못의 고정이 한쪽 골편에 고정이 힘들다고 생각되면 골간단부 고정용 잠김 압박 금속판 (metaphyseal locking compression plate, Synthes®, Oberdorf, Switzerland)을 각각 선택하여 사용하였다.

골절의 정복은 도수정복, 외고정 장치, 유연성 골수정 등을 이용하여 얻었다. 외고정 장치 사용 시 근위 및 원위 골편에 외고정용판을 각각 1개씩 삽입한 후, 일측형 외고정 장치를 연결하여 영상 증폭기를 보면서 피질골의 두께 및 골수강의 직경 등을 비교하여 정렬을 회복, 유지하였다. 또 다른 방법으로는 2.5 mm 직경의 유연성 골수정을 상완골 원위부의 외과 또는 내과에서 삽입하여, 골절의 정복을 얻었다. 이후, 금속판이 통과할 근육하 터널 (submuscular tunnel)을 만들기 위해, 골절부를 중심으로 금속판이 고정될 근위부와 원위부의 전면에 약 5~6 cm의 피부절개를 각각 시행하였다. 원위부에서는 상완 이두근 (biceps brachii)을 확인한 후, 근피 신경의 감각 신경 분지 (sensory branch of musculocutaneous nerve)를 박리하여 보호하였으며, 그 아래의 상완근 (brachialis muscle)을 중앙에서 갈라 상완골의 전면을 노출하였다. 근위부는 삼각흉근 간격 (deltoid-pectoral sulcus)에서 접근하여, 상완골의 전면부를 노출시킨 다음, 근위부에서 원위부쪽으로 Kelly 겸자를 넣어 근육하 터널을 만들었다. 이후 적절한 길이의 금속판을 삽입 후 상완골 전면에 고정하였고, 나사못은 최소 3개 이상을 근위 및 원위 골편에 각각 고정하였다 (Fig. 1, 2). 모든 예에서 골절부의 개방이나 골이식은 시행치 않았다.

2. 추시 및 평가

방사선적 평가에서, 전후면 및 측면 방사선 소견상 4개의 피질골 중 3개 이상이 연결되었을 때 골유합으로 판정하였고, 불유합은 수술 후 6개월 후에도 연속적인 3회의 추시 사진에서 더 이상의 골 유합이 진전되지 않을 경우로 정의하였으며, 그 외 골유합의 기간, 유무, 정렬 등을 확인하였다.

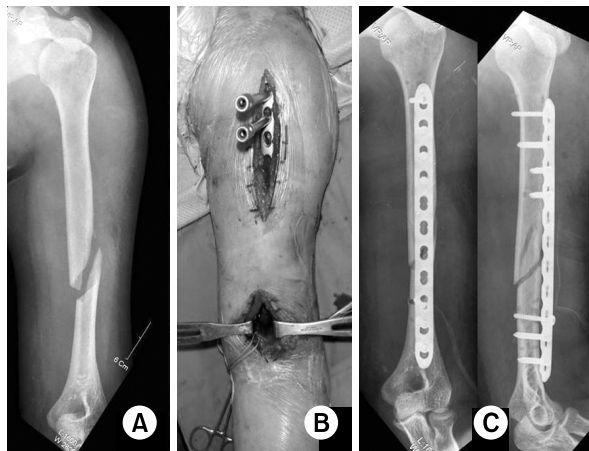


Fig. 1. (A) A 47-year-old female sustained a spiral fracture of the left humerus diaphysis due to in-car accident. (B, C) Through the submuscular tunnel, a locking compression plate was inserted and fixed with an acceptable alignment.

기능적 평가에서, 견관절 및 주관절의 기능적 결과는 Mayo elbow score²²⁾와 UCLA shoulder score⁹⁾ 등을 평가하였으며, 그 외 합병증으로 연부 조직의 치유 지연, 감염, 고정기의 소실, 신경 마비 등을 조사하였다.

결과에 대한 통계학적 조사는 골절형태, 나이, 위치 등과 골유합율, 골유합 기간의 관계를 알아보았으며, SAS 6.12 (SAS Institute, Cary, NC)를 이용하였다.

결 과

골절의 형태는 AO/OTA 분류¹⁰⁾상 A형 8예, B형 8예, C형 6예이었으며, 개방성 골절이 3예가 있었고, 모두 Gustilo-Anderson 분류¹¹⁾상 제I형에 해당하였다. 수상 당시에 4예의 신경마비가 있었으며, 요골 신경 마비가 3예, 상완 신경총 마비가 1예이었다. 피부절개부터 봉합까지의 수술시간은 평균 107.3분이었으며, 영상 증폭기의 사용시간은 평균 212 초 (범위, 88~415초)이었다.

22예 중 20예에서 평균 17.5주 (범위, 14~24주)에 골유합을 얻었으며, 2예의 불유합이 있었다. 2예의 지연유합이 있었는데, 1예는 골다공증이 심한 환자에서 나사못의 이완이 원인였고, 이완된 근위부 나사못을 시멘트 보강 및 재고정 후 유합을 얻었으며, 1예는 분쇄골절에서 발생하였다. 2예의 불유합 중 1예는 원위부 골절에서 원위 골편에 대한 부적절한 고정이 원인였고, 1예는 골절부의 간격이 크게 남고 불만족스러운 정복이 이루어진 경우로, 모두 연구 초기에 최소침습적 금속판 고정술을 시행받은 환자들이었다. 불유합 2예는 각각 추가적인 골이식술과 금속판의 교체와 골이식을 시행 후 골유합을 얻었다. 1 cm 이상의

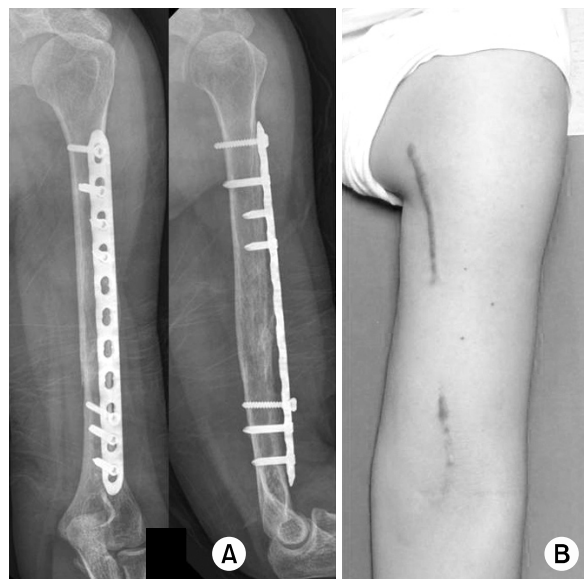


Fig. 2. (A) Ten months after the surgery, radiographs demonstrated a complete osseous union.

(B) Note the skin scars of proximal and distal incision without involving the fracture site.

골의 단축, 또는 10도 이상의 각 변형을 보이는 부정 유합은 발생하지 않았으며, 최종 추시 시의 평균 각변형은 외반 1.2도 (범위, 외반 7도~내반 1도), 후방 각형성 0.6도 (범위, 0도~후방 각형성 6도)이었다.

기능적 평가에서 모든 환자는 수술 전의 일상 생활로 복귀하였으며, Mayo elbow score는 평균 17.4점, UCLA shoulder score는 97.3점으로 대부분의 환자에서 주관절과 견관절 운동범위는 정상으로 회복하였다. 불유합을 동반한 1예의 상완골 원위부 골절에서 다소의 신전제한을 동반하였다.

합병증으로는 수술 중 상완골 원위부 접근 시에 견인의 미숙으로 추정되는 요골 신경마비가 1예 있었으나, 이는 3개월 후 완전 회복되었으며, 수술 전에 신경마비가 있었던 4예 중 1예의 요골 신경마비와 1예의 상완 신경총 마비는 최종 추시까지 회복이 되지 않았다. 그 외 창상치유, 감염 등의 합병증은 발생치 않았다.

통계학적 평가에서 환자의 나이, AO/OTA 분류에 따른 골절형태, 골절부의 위치 등은 골유합 기간에 영향을 미치지 않았다.

고 찰

상완골 간부 골절에 수술적 치료가 필요한 경우, 금속판을 이용한 관혈적 정복 및 내고정술이 표준적 치료이었

다^{3,4,11,12,21}). 하지만 골절치유의 지연 및 불유합 (2~14.3%), 감염 (2~4.7%), 의인성 요골 신경의 마비 등의 합병증의 보고가 적지 않은 것이 사실이며^{7,14,25,26}), 풍부한 수술적 경험이 요구되고 골막, 근육, 신경에 대한 충분한 주의가 요구되는 수술방법이다. 골수강내 고정술은 비관혈적 정복을 원칙으로 하므로 생역학적으로 우수하고 이론적으로 골의 유합율이 높은 장점이 있다⁵). 하지만, 전향적 골수정은 견관절의 회전근개의 손상을 줄 수 있으며²⁴), 역행성 골수정은 주관절의 동통 및 의인적 골절의 가능성이 있다⁵). 이런 관점에서 최근 하지 장관골 골절에서 많이 이용되고 있는 최소 침습적 금속판 고정술을 상완골 간부 골절에 적용하는 것은 관혈적 정복 및 금속판 고정술이나 골수강내 고정술의 단점을 보완할 수 있는 새로운 방법으로 생각되나, 그 유용성에 대한 보고는 많지 않다.

최소 침습적 금속판 고정술은 골막과 골절부의 연부조직을 보호하므로 골절의 유합율을 높이는 것은 본 수술 방법의 가장 큰 이점으로 알려져 있는데^{15,19}), 본 연구에서는 22예 중 20예 (91%)에서 골유합을 얻어 타 방법에 비해 다소 떨어지나, 이는 초기 경험 중 과도한 골절부 신연과 부적절한 적응증을 포함한 결과로 생각된다. Jiang 등¹⁶)은 분쇄가 있는 복잡 골절에서 높은 비율로 골유합을 얻었다고 하였는데, 비록 본 연구의 표본수가 작은 단점이 있으나, 분쇄유무와 관계없이 높은 골절 유합율을 보였던바, 단순 골절과 복잡 골절 모두를 적용 가능할 것으로 생각한다

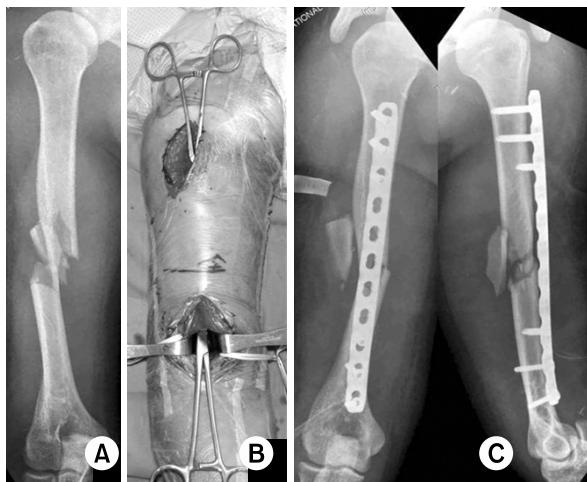


Fig. 3. (A) A 34-year-old female sustained a comminuted fracture of the humeral shaft after traffic accident. (B) After making the submuscular tunnel using Kelly clamps, a locking compression plate was fixed with the MIPO procedure. (C) Note an acceptable alignment without reducing the comminuted fragment.

(Fig. 3, 4).

고식적 금속판 고정술 시에는 분쇄가 있는 골절이나, 골절부의 간격이 큰 경우 골유합율을 높이기 위하여, 골 이식의 필요성이 높다^{7,13,27}). 특히 자가 골이식을 할 경우, 공여부의 통증, 혈액 손실, 수술 시간의 지연을 포함하여 합병증의 가능성이 높아지게 되는데, 본 연구에서는 모든 예에서 골이식을 시행하지 않았으므로, 본 방법이 골이식 시의 필요성을 줄이는 동시에, 공여부에 관련된 합병증을 줄일 수 있을 것으로 생각한다.

골수강내 고정술 역시 또 다른 최소 침습적 골절 치료방법으로 상완골 골절에서 골유합율이 높은 것은 잘 알려져 있으나, 전향적 골수정은 견관절의 운동제한을 포함한 합병증이 적지 않은 것이 그 단점으로 보고되고 있고, 역행성 골수정은 주두와 상방을 삼입구로 하기 때문에 주관절 강직의 가능성이 높은 것이 사실이다^{4,18}). 이에 반하여, 본 연구의 기능적 결과에서 모든 환자에서 만족스러운 견관절 및 주관절의 기능 회복을 얻었으므로, 최소 침습적 금속판 고정술은 골수강내 고정술의 합병증을 방지할 수 있는 안전한 방법으로 생각한다.

골절부를 직접 보지 않는 최소 침습적 금속판 고정술에서 부정 정렬은 가장 흔한 합병증으로 알려져 있으나, 본 연구에서는 모든 예에서 10도 이상의 각형성과 1 cm 이상의 단축이 발생하지 않아 비교적 좋은 방사선학적 결과를 보였다. 이는 비교적 직선인 상완골의 전면에 고정 시에 양측 골편에 각각 피질골 나사를 이용하여 골과 금속판 사이의 간격을 좁히게 되면 쉽게 정렬을 얻을 수 있으며, 부정정렬의 가능성을 줄일 수 있었다고 생각한다. 또한, 잠김 금속판의 특성인 금속판과 골 표면 사이에 다소의 간격이

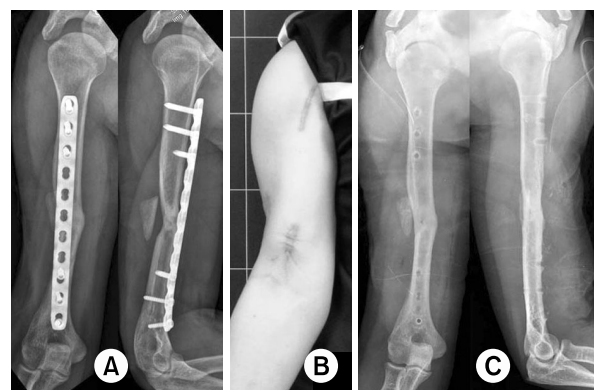


Fig. 4. (A) Six months after the surgery, the osseous union was achieved. (B) Note the small incision scars of proximal and distal incision. (C) Note the firm union after the removal of plate.

있어도 잠김 나사의 고정력이 잘 유지되는 장점을 적절히 활용한다면 부정정렬의 가능성을 줄일 수 있을 것으로 생각한다.

본 연구에서 발생한 2예의 불유합 중에서, 원위부 골절에서 발생한 1예 불유합은 원위 골편의 길이가 짧아 2개의 나사만으로 고정하여 불안정한 고정력이 원인으로 추정하는 바, 최소 침습적 금속판 고정술은 골절부의 위치가 적절한 고정력을 얻을 수 있는 골절을 적응증으로 해야겠다. 또 다른 불유합 1예에서는 수술 후 비교적 큰 골절 간격이 원인으로 추정되는 바, 골절부의 신연을 줄이는 적절한 정복은 본 수술 방법의 기본 요건이라 하겠다.

신경마비는 골절 부위를 직접 보지 않는 최소 침습적 고정술에서 우려되는 부분이며, 특히 상완골 원위부는 요골 신경 손상 대한 위험성을 가지고 있다. 하지만, 상완근을 내, 외측으로 2등분한 후 상완골 원위부를 접근하고 외측부를 견인하면 요골 신경이 보호되어 손상 가능성을 줄이게 된다. 본 연구에서 수술 후 요골 신경마비가 1예 발생하여 다른 연구에서처럼 그 발생율은 낮았는데^{15,16,20)}, Apivattthakakul 등²⁾은 원위 상완골 골편의 외측부에 Hohmann 견인기를 삽입하여 누르는 등의 과도한 견인이 그 원인이라고 한 바 있다. 이는 비록 자연 회복되는 합병증이나, 수술자와 수술 참가자 모두가 주의해야 할 것이며, 초기의 학습 곡선 (learning curve)과도 관련이 있으므로, 충분한 수술 전 계획과 수술자의 경험이 필요하겠다.

본 연구에서 수상 후 요골 마비는 3예가 있어 일반적인 발생율과 비슷하였는데^{8,25)}, 상완골 골절의 수술 시에 신경 탐색과 이동술이 권유되기도 한다²³⁾. 하지만, Shao 등²⁵⁾은 개방성 골절, 부유 주관절, 분절 골절 등이 아닌 경우는 신경 탐색술을 먼저 시행하는 않고 경과 관찰 후 신경마비가 좋아지지 않을 경우 신경탐색을 권유한바 있으며, 저자들도 이에 준하여 골절부의 신연 손상 또는 개방성 골절 등으로 요골신경의 절단과 같은 심각한 손상이 의심되는 경우에는 본 연구에서 제외하였다. 또한, 본 연구에서 3예 중 2예의 완전회복, 1예의 불완전 회복을 보여 이에 대해 추후에 보다 많은 수의 전향적 연구가 요구된다고 하겠다.

최소 침습적 금속판 고정술의 또 다른 단점은 방사선 피폭의 증가인데, 본 연구에서도 3분 이상의 방사선 노출시간이 필요하였으므로, 이는 개선되어야 할 위험성이라 하겠다.

결 론

상완골 간부 골절에서 최소 침습적 전방 금속판 고정술은 골이식의 가능성을 최소화하고, 골절의 유합율을 높이며, 수술의 합병증이 적은 새로운 대안이 될 수 있다고 생

각한다.

참 고 문 헌

- 1) Anglen JO, Archdeacon MT, Cannada LK, Herscovici D Jr, Ostrum RF: Avoiding complications in the treatment of humeral fractures. Instr Course Lect, **58**: 3-11, 2009.
- 2) Apivattthakakul T, Arpornchayanon O, Bavornratana-vech S: Minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) of the humeral shaft fracture. Is it possible? A cadaveric study and preliminary report. Injury, **36**: 530-538, 2005.
- 3) Bell MJ, Beauchamp CG, Kellam JK, McMurtry RY: The results of plating humeral shaft fractures in patients with multiple injuries. The Sunnybrook experience. J Bone Joint Surg Br, **67**: 293-296, 1985.
- 4) Bhandari M, Devereaux PJ, McKee MD, Schemitsch EH: Compression plating versus intramedullary nailing of humeral shaft fractures--a meta-analysis. Acta Orthop, **77**: 279-284, 2006.
- 5) Chapman JR, Henley MB, Agel J, Benca PJ: Randomized prospective study of humeral shaft fracture fixation: intramedullary nails versus plates. J Orthop Trauma, **14**: 162-166, 2000.
- 6) Chen AL, Joseph TN, Wolinsky PR, et al: Fixation stability of comminuted humeral shaft fractures: locked intramedullary nailing versus plate fixation. J Trauma, **53**: 733-737, 2002.
- 7) Dabezies EJ, Banta CJ 2nd, Murphy CP, d'Ambrosia RD: Plate fixation of the humeral shaft for acute fractures, with and without radial nerve injuries. J Orthop Trauma, **6**: 10-13, 1992.
- 8) Ekholm R, Ponzer S, Törnkvist H, Adami J, Tidermark J: The Holstein-Lewis humeral shaft fracture: aspects of radial nerve injury, primary treatment, and outcome. J Orthop Trauma, **22**: 693-697, 2008.
- 9) Ellman H, Hunker G, Bayer M: Repair of the rotator cuff. End-result study of factors influencing reconstruction. J Bone Joint Surg Am, **68**: 1136-1144, 1986.
- 10) Fracture and dislocation compendium. Orthopaedic Trauma Association Committee for Coding and Classification. J Orthop Trauma, **10**(1 Suppl): v-ix, 1-154, 1996.
- 11) Gustilo RB, Anderson JT: Prevention of infection in the treatment of one thousand and twenty-five open fractures of long bones: retrospective and prospective analyses. J

- Bone Joint Surg Am, **58**: 453-458, 1976.
- 12) **Heim D, Herkert F, Hess P, Regazzoni P**: Surgical treatment of humeral shaft fractures--the Basel experience. J Trauma, **35**: 226-232, 1993.
 - 13) **Hierholzer C, Sama D, Toro JB, Peterson M, Helfet DL**: Plate fixation of ununited humeral shaft fractures: effect of type of bone graft on healing. J Bone Joint Surg Am, **88**: 1442-1447, 2006.
 - 14) **Jawa A, McCarty P, Doornberg J, Harris M, Ring D**: Extra-articular distal-third diaphyseal fractures of the humerus. A comparison of functional bracing and plate fixation. J Bone Joint Surg Am, **88**: 2343-2347, 2006.
 - 15) **Ji F, Tong D, Tang H, et al**: Minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis (MIPPO) technique applied in the treatment of humeral shaft distal fractures through a lateral approach. Int Orthop, **33**: 543-547, 2009.
 - 16) **Jiang R, Luo CF, Zeng BF, Mei GH**: Minimally invasive plating for complex humeral shaft fractures. Arch Orthop Trauma Surg, **127**: 531-535, 2007.
 - 17) **Lin J, Hou SM**: Locked nailing of severely comminuted or segmental humeral fractures. Clin Orthop Relat Res, **406**: 195-204, 2003.
 - 18) **Lin J, Shen PW, Hou SM**: Complications of locked nailing in humeral shaft fractures. J Trauma, **54**: 943-949, 2003.
 - 19) **Livani B, Belangero WD**: Bridging plate osteosynthesis of humeral shaft fractures. Injury, **35**: 587-595, 2004.
 - 20) **Livani B, Belangero WD, Castro de Medeiros R**: Fractures of the distal third of the humerus with palsy of the radial nerve: management using minimally-invasive percutaneous plate osteosynthesis. J Bone Joint Surg Br, **88**: 1625-1628, 2006.
 - 21) **McCormack RG, Brien D, Buckley RE, McKee MD, Powell J, Schemitsch EH**: Fixation of fractures of the shaft of the humerus by dynamic compression plate or intramedullary nail. A prospective, randomised trial. J Bone Joint Surg Br, **82**: 336-339, 2000.
 - 22) **Morrey BF, Adams RA**: Semiconstrained arthroplasty for the treatment of rheumatoid arthritis of the elbow. J Bone Joint Surg Am, **74**: 479-490, 1992.
 - 23) **Olarte CM, Darowish M, Ziran BH**: Radial nerve transposition with humeral fracture fixation: preliminary results. Clin Orthop Relat Res, **413**: 170-174, 2003.
 - 24) **Park JY, Oh JH, Kho DH, Jung JK**: Intramedullary nail on the humeral fracture. J Korean Fracture Soc, **21**: 244-254, 2008.
 - 25) **Shao YC, Harwood P, Grotz MR, Limb D, Giannoudis PV**: Radial nerve palsy associated with fractures of the shaft of the humerus: a systematic review. J Bone Joint Surg Br, **87**: 1647-1652, 2005.
 - 26) **Shin HD, Rhee KJ, Kim KC, Song HS**: Operative treatment of traumatic humeral shaft fracture: comparison of interlocking IM nailing and plate fixation by posterior approach. J Korean Fracture Soc, **18**: 93-99, 2005.
 - 27) **Volgas DA, Stannard JP, Alonso JE**: Nonunions of the humerus. Clin Orthop Relat Res, **419**: 46-50, 2004.