

상완골 간부 골절에 대한 선행성 교합 골수강내 금속정 고정술 후 견관절 기능

단국대학교 의과대학 정형외과학교실

박진영 · 전지용 · 김명호

— Abstract —

Shoulder Function after antegrade intramedullary interlocking nailing for humeral shaft fracture

Jin-Young Park, M.D., Ji-Yong Chun, M.D., Myung-Ho Kim, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Dankook University College of Medicine, Chonan, Korea

Antegrade interlocking intramedullary nailing (AIIN) for the humeral shaft fracture can induce shoulder pain and decrease of shoulder function postoperatively. The purpose of this study was to estimate the outcome of the shoulder functions after AIIN through the rotator interval between the subscapularis and the supraspinatus to decrease the shoulder pain.

Out of consecutive 43 cases that underwent AIIN 42 had been followed for two years or more. Among them we analyzed 40 cases of 39 patients excluding two cases of pathologic fractures. The average age was 47 years. There were 17 men and 23 women. The average follow-up was 34 months. Open nailing was performed in 26 fractures and closed nailing in 14. Bone graft was done in 7 fractures with open nailing.

With a single operation, all but two patients achieved osseous union. Average pain score with visual analog scale was one (range; 0~4) postoperatively. By the Neer's score 37 patients received a excellent or satisfactory results while 3 patients' unsatisfactory or failed results. By the functional score of ASES (American Shoulder and Elbow Society) 6 cases received the fair or poor results. Except three cases with persistent nerve palsy and one case of technique failure with protruded nail over humeral head, all patients could achieved satisfactory results with Neer's score and 35 cases (94%) satisfactory results with functional score of ASES.

An insertion of antegrade nail to the rotator interval was recommended for better shoulder functions and less pain postoperatively.

Key Words: Fracture, Humerus, Antegrade Intramedullary nailing, Rotator interval, Shoulder

※ 통신저자: 박진영

충남 천안시 안서동 16-5

단국대학교 의과대학 정형외과학교실

Tel: 041) 550-3953, Fax: 041) 556-3238, E-mail: drpark@chol.net

서 론

상완골 간부 골절에 대한 관혈적 정복술과 내고정술은 내고정물의 개선과 수술 기기의 발전, 환자의 술후 이환률의 감소로 인하여 점차 널리 사용되고 있다^{2,11,37)}. 관혈적 정복술 중 금속판을 이용한 내고정술은 견고한 고정과 술후 좋은 기능적 결과를 보이고 있으나¹¹⁻¹³⁾ 다른 여러 단점들도 보고되고 있다^{18,21,25,29)}. 반면에 금속정을 이용한 내고정술은 연부 조직에 손상을 적게 주며 감염율이 낮고, 요골 신경의 유리가 필요 없는 장점이 보고되고 있다²¹⁾. 이런 이유로 교합 골수강내 금속정 고정술은 개방성 골절, 분쇄골절, 병적 골절이나 골다공증이 심한 골절에서 사용되고 있다^{6,18,21,38)}.

교합 골수강내 금속정 고정술 중 선행성 고정술



Fig. 1. 주두와의 근위부 5 cm 이내에 원위부 교합 나사못 고정이 1개 이상 가능하였던 복합 골절

은 유연성 금속정에 비하여 생역학적으로 회전 안정성이 좋고 굴곡력 조절의 용이하고, 부하 분산시키기 쉬운^{6,39,43,44)} 반면 술후 견관절의 통증의 빈도가 높고^{1,7,9,14)} 교합 금속정 주위에 골절이 발생할 수 있는 문제점²⁸⁾이 있다.

선행성 금속정 고정술시 발생하는 견관절 통증은 견봉하 공간과 회전근 개의 손상 및 금속정과 나사못의 돌출로 인하여 발생하는 것으로 보고되었다^{9,10,16,17,19,26,36)}. 저자들은 이를 개선하기 위하여 금속정을 회전근 간을 통해 상완 골두의 관절면보다 함몰되도록 삽입한 뒤 술후 견관절의 기능을 평가하여 보고자 하였다.

재료 및 방법

선행성 교합 골수강내 고정술을 시행하고 2년 이상 추시가 가능하였던 42명의 환자 중 뇌하수체 종양으로 골의 낭포성 병변에 병적 골절이 발생한 1례와 폐암의 상완골 간부 전이로 발생한 1례를 제외한 40례를 대상으로 하였다. 1례는 술후 1주에 퇴원한 후 추시가 불가능하였다. 상완골 골간 골절에 대한 선행성 교합 골수강내 고정술의 적응증은 상완골 외과적 경부 3 cm 아래에서 주두와의 근위부 5 cm 이지만⁷⁾ 저자들은 상완골 경부 골절에서 원위부 교합 나사못의 고정이 1개 이상 가능한 골절이 있는 경우도 수술을 시행하였다(Fig. 1). 평균 연령은 47세(범위, 16세~91세) 이었고, 남자가 17례, 여자가 23례 이었다. 평균 추시 기간은 34개월(범위, 12개월~77개월) 이었다. 손상 원인은 교통사고 29례, 낙상 9례, 프레스 손상이 2례 이었다.

골절 양상은 근위 간부 7례, 중간 간부 21례,

Table 1. 골절 양상에 따른 상완골 간부 골절 분류

	단순 골절		복합골절
근위 간부	7	근위 및 중간 간부	2
중간 간부	21	중간 및 원위 간부	2
원위 간부	3	근위 간부 및 3분 골절	1
		근위 간부 및 경부	2
		중간 간부 및 경부	1
		중간 간부 및 와상완 관절 탈구	1

Table 2. AO 분류에 따른 상완골 간부 골절 양상

	A	B	C
1	4	3	4
2	5	3	3
3	14	0	4

원위 간부 3례이었고, 근위부에서 중간부까지 분쇄 골절된 예가 2례, 중간부에서 원위부까지 분쇄 골절된 예가 2례 이었다. 간부 골절과 근위 상완골 골절이 같이 발생한 예는 4례 이었으며, 1례에서 간부 골절과 외상완 관절의 탈구가 동반되었다 (Table 1). AO 분류상 A형이 23례, B형이 6례, C형이 11례 이었다(Table 2). 분쇄골절이 아닌 경우가 17례 이었으며, 분쇄 골편이 1개인 경우가 9례, 2개인 경우가 6례 이었고, 3개 이상인 경우가 10례 이었다.

동반손상은 21례에서 발생하였는데 상하지 손상이 16례, 척추 손상이 2례, 흉부 손상이 1례, 복부 손상이 1례, 두부 손상이 1례 있었다. 술전 6례에서 요골 신경의 마비가 있었으며, 2례에서

상완 신경총 손상이 발생하였다.

견관절의 기능평가는 Neer의 평가법 (Table 3)³⁰⁾과 미국 견주관절학회(American Shoulder and Elbow Society, ASES)의 견관절 기능 평가법(이하, ASES 평가법에 의한 점수)³²⁾을 이용한 합계 100점 점수법(일상 생활 지수 50점과 통증 50점)을 사용하였으며, 최종 추시에 조사하였다. 점수의 평가는 ASES 점수 100~91점을 우수(excellent), 90~81점을 양호(good), 80~71점을 보통(fair), 70점 이하를 불량(poor)으로 나누었다. 이중 우수와 양호군을 만족군(satisfactory group)으로 하였다. 최종 외래 추시가 되지 않은 경우는 전화 면접을 시행하였다.

수술 기법

환자는 해변 의자 위치에서 견관절의 전상방 도달법으로 피부 절개를 시행하였다. 견봉의 전방에서 삼각근을 유리하고 연결되는 삼각근의 전방 1/3과 후방 2/3 사이의 삼각근을 견봉에서 3.5 cm 까

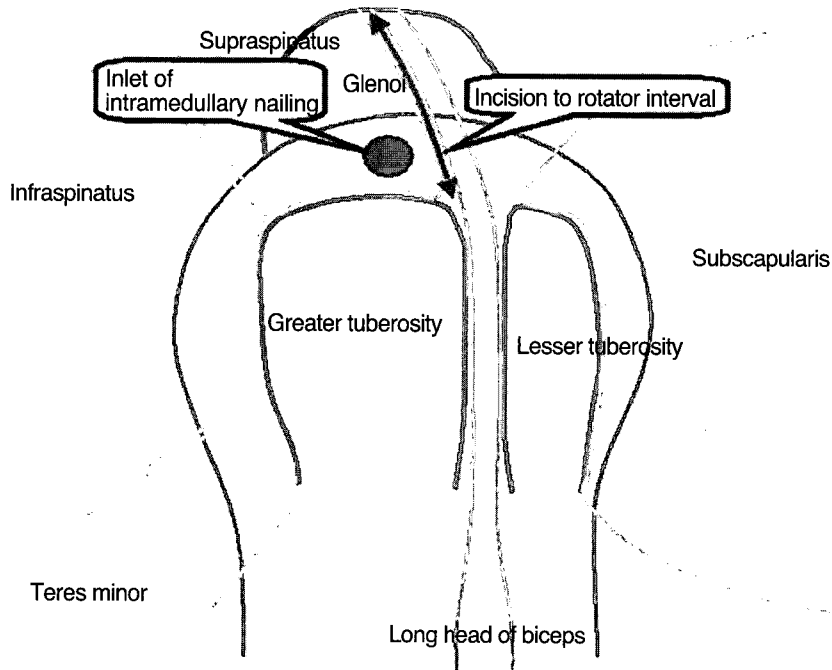


Fig. 2. 금속정 삽입을 위한 상완 골두 노출을 위한 회전근 간 절개법과 금속정 삽입위치

Table 3. Neer's score for the evaluation of shoulder function

1. Pain (35 units)										
- None, ignores										35
- Slight, occasional, no compromise in activity										30
- Mild, no effect on ordinary activity										25
- Moderate, tolerable, makes concessions, use aspirin										15
- Marked, serious limitations										5
- totally disabled										0
2-1. Function - strength (10 units)										
- Normal										10
- Good										8
- Fair										6
- Poor										4
- Trace										2
- Zero										0
2-2. Function - reaching (10 units)										
- Top of head										2
- Mouth										2
- Belt buckle										2
- Opposite axilla										2
- Brassiere hook										2
2-3. Function - stability(10 units)										
- Lifting										2
- Throwing										2
- Pounding										2
- Pushing										2
- Hold overhead										2
3. Range of motion (25 units)										
Flexion		Extension		Abduction		External rotation		Internal rotation		
180°	6	45	3	180°	6	60°	5	T6	5	
170°	5	30	2	170°	5	30°	3	T12	4	
130°	4	15	1	140°	4	10°	1	L5	3	
100°	2	less	0	100°	2	less	0	gluteal	2	
80°	1			80°	1			less	0	
less	0			less	0					
4. Anatomy (rotation/ angulation/joint incongruity/ retracted tuberosity/metal failure/myositis ossifans/nonunion/avascular necrosis)										
- none										10
- mild										8
- moderate										4
- marked										zero to 2
Total points										100 units
* Evaluation										
Excellent	above 89									
Satisfactory	above 80									
Unsatisfactory	above 70									
Failure	below 70									

지 분리하였다⁴⁾. 견봉에서 3.5 cm 지점에 지지 봉합을 시행하여 액와 신경의 손상을 예방하였다.

견관절을 신전한 뒤 손으로 극상근의 전연과 이두박근 장두건 사이 부분을 촉지하고 회전근 간(극상근과 견갑하근 사이) 중 이두박근의 후연 사

이를 극상근의 근섬유 방향과 일치하여 절개하였다(Fig. 2). 극상근을 후방으로 이두박근 장두건을 전방으로 견인하여 상완 골두의 위 부분을 노출 시켰다. 일반적으로 상완골 간부의 중심은 상완 골두 중심에서 관상면으로 8 mm, 축상으로 3 mm 후방에 위치한다⁵⁾. 이 위치는 이두박근 장두건이 상완골두를 빠져나가는 부위의 뒤쪽이 되므로 이 위치 중 극상근의 부착부위와 가까운 부분을 금속정 삽입 위치로 결정하였다(Fig. 3).

폐쇄적 정복술이 가능한 경우는 유도 강선을 삽입하여 골절을 정복하였으며, 폐쇄적 정복술이 불가능하다고 판단된 경우는 관혈적 정복술을 시행하였다. 관혈적 정복술을 시행한 경우 금속정을 삽입하고 골절편을 정복된 상태로 유지하기 위하여 #5 비흡수성 봉합사(Ethibond, Ethicon, Somerville, U.S.A.) 를 이용하여 환상 봉합을 시행하였다(Fig. 4). 금속정을 삽입하기 전에 11 레에서 reaming을 시행하였으며 9레는 폐쇄적 정복술에서 2레는 관혈적 정복술에서 골수강의 직경을 확장하기 위하여 사용하였다. 폐쇄적 정복술

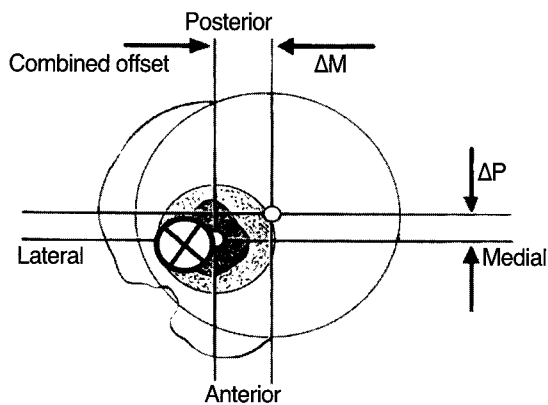


Fig. 3. 상완골 간부의 중심 축과 비교한 금속정 삽입 위치

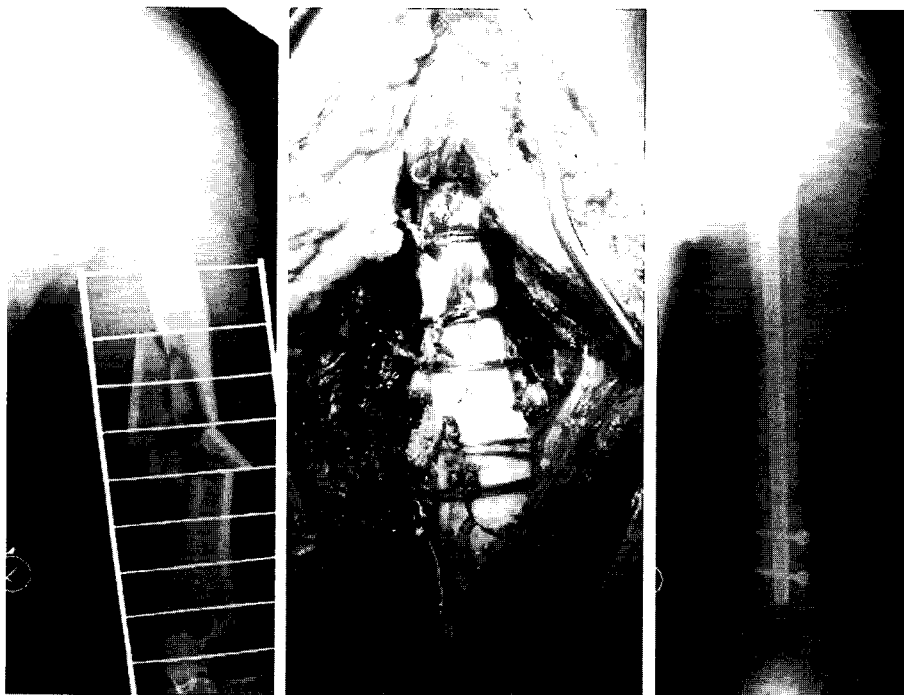


Fig. 4. 분쇄 골절편의 정복을 유지하기 위하여 시행한 관혈적 정복술 및 #5 비흡수성 봉합사를 이용한 환상 봉합법과 수술 전후의 방사선 사진

은 26례에서, 관혈적 정복술은 14례에서 시행하였다. 이 때 상완 골두로 금속정이 돌출되어 회전근 개에 손상 주는 것을 방지하기 위해 골절부가 신연된 정도보다 깊게 금속정을 삽입하였다.

골절 부위의 간격을 감소시키기 위하여 원위부의 교합 나사못을 삽입한 뒤 주관절 부위를 상방으로 압박(backstrike technique)하였다²⁴⁾. 폐쇄적 정복술 시 골절 면이 맞지 않은 경우 근위 상완골에 S 강선을 삽입하고 강선을 이용하여 근위 골편을 회전 시키면서 영상 증폭기를 보면서 골절 면을 정복시켰다. 정복이 된 상태에서 근위부 교합 나사못을 삽입하여 골절부를 고정하였다. 골절부의 분쇄 정도가 심한 7례는 골이식술을 시행하였다⁴³⁾. 1례는 상완골 근위부의 골다공증이 심하여 골 시멘트로 교합 나사못 구멍을 충전한 후 나사못을 삽입하여 고정력을 강화하였다. 절개된 회전근 개와 견봉 전면의 삼각근은 # 2 비흡수성 봉합사를 이용하여 봉합하였으며 봉합시 결찰 부위가 견봉하 공간에 들어가지 않도록 회전근 개 봉합시는 관절 내로, 삼각근 봉합시는 피하 조직 쪽으로 결찰을 만들었다. 수술 중이나 수술 후에 수혈이 필요한 환자는 없었다.

술후 방사선 검사상 38례에서 상완 골두의 피질골에 비하여 금속정은 아래에 위치하거나 피질골과 동일한 높이에 위치하였다. 2례는 피질골에 비하여 금속정이 각각 3 mm와 1 mm 상방으로 돌출하였다. 사용된 금속정의 직경은 6.7 mm 2례, 7.5 mm 1례, 8 mm 31례, 9 mm 6례 이었고 길이는 229.7 mm (범위, 180 mm~260 mm) 이었다. 내고정술 후 골절 부위의 간격은 평균 2.6 mm (범위, 0 mm~5 mm) 이었다. 골절 근위부의 교합용 나사못은 평균 3.4개(범위, 2~4개), 원위부는 평균 1.7개(범위, 1~2개)가 사용되었다. 모든 환자는 정적 교합 골수강내 금속정 고정술을 시행하였다. 사용된 금속정은 Uniflex humeral nail (Biomet inc., Warsaw, In, U.S.A.) 36례, Unreamed humeral nail (Mathys, Bettlach, Switzerland) 3례, Polarus 1례 (Acumed, Beaverton, Oregon, U.S.A.) 이었다.

재활 치료

모든 환자는 술후에 보조기나 석고고정을 시행하지 않았으며 견관절 및 주관절의 관절 운동은 환자의 전신 상태가 허락하는 한 빨리 시행하였다. 설 수 있는 환자는 술후 1일에 원추 운동을 시행하였고 술후 2일째 앙와위에서 견관절의 수동적 전방 거상과 도르레를 이용한 운동을 시행하였다. 술후 2주에 외회전 운동을 막대를 이용하여 시작하였다. 술후 6주에 팔걸이를 제거하고 능동적 견관절 운동을 시행하였다.

결 과

40례 중 일차적 골 유합은 38례에서 얻었다. 불유합은 상완골 간부의 중간부위 및 원위 부위의 골절 각각 1례에서 발생하였으며, 양측 모두 접형 골편이 있었다. 1례는 확공 후에 폐쇄적 정복술 및 내고정술을 시행한 다발성 골절 환자로 정복 후 접형 골편이 주 골편에서 16 mm 떨어져 있었으며 주 골편간의 거리는 5 mm 이었고 접촉면적은 50% 있었다. 다른 1례는 확공 없이 개방성 정복술 및 내고정술을 시행하였다. 정복 후 접형 골편이 주 골편에서 8 mm 떨어져 있었고 주 골편간의 거리는 5 mm이었고 접촉 면적은 50% 이었다. 추후 불유합 소견이 관찰되어 골이식술을 시행하고 골유합을 얻을 수 있었다(Fig. 5).

Neer의 평가법에 따르면 우수 30례, 만족 7례, 불만족 2례, 실패 1례 이었다. 불만족 2례는 신경 손상의 잔존과 금속정의 상완 골두 삽입이 불충분한 기술적 오류로 발생하였고, 실패 1례는 신경 손상의 잔존에 의하여 발생하였다. 기술적 오류를 보인 경우는 금속정이 상완 골두 관절면보다 3 mm 돌출되었던 환자 이었다.

최종 추시상 견관절의 통증은 VAS상 1.4 (범위, 0~4) 이었다. 견관절의 ASES 평가법에 의한 점수는 평균 84.1 (범위, 36.7~100) 이었다. 우수는 16례, 양호는 18례, 보통 2례, 불량은 4례 이었다. 보통의 결과를 보인 환자는 신경 손상 잔존 1례와 다발성 손상 1례 이었다. 다발성 손상

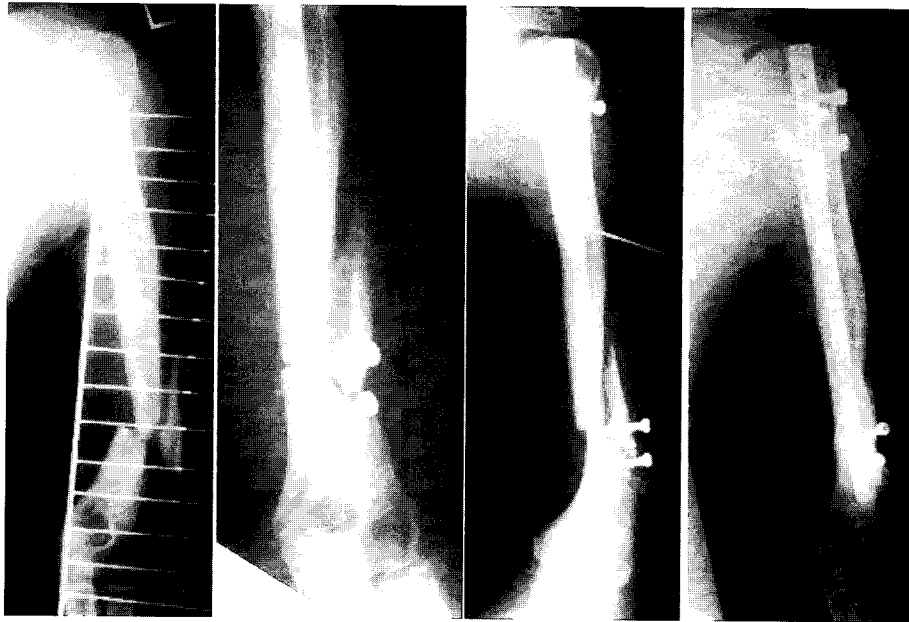


Fig. 5. 원위 간부 분쇄골절에 대해 개방성 정복술 및 내고정술 후 발생한 불유합. 골이식술 후 골 유합을 얻을 수 있었음.

은 근위 상완골 분쇄 골절이 견봉 골절 및 상하지의 다발성 손상과 동반된 경우로 재활 치료가 지연되어 견관절의 기능이 감소되었다. 불량인 결과를 보인 환자는 신경 손상 잔존 2례, 불유합 1례, 금속정의 상완 골두 삽입이 덜 된 기술적 오류 1례이었다. 불량인 결과 중 불유합은 원위부 교합 나사못의 고정이 1개만 가능하였던 분쇄골절 환자로 술후 3개월간 견관절의 재활 치료를 시행하지 못하였다(Fig. 5).

술후 견관절 기능에 영향을 줄 수 있는 회복되지 않은 상완 신경총 손상 2례와 요골 신경 마비 1례 및 기술적 오류 1례를 제외할 경우를 제외한 36례를 대상으로 하였을 때 Neer 평가법 상 우수 30례, 만족 6례로 모든 예에서 만족 이상의 결과를 얻었다. ASES 평가법도 우수 16례, 양호 18례, 보통 1례, 불량 1례로 94%의 만족율을 보였다.

최종 추시상 견관절의 전방 거상은 145° (범위, 40°~170°), 외회전은 56° (범위, 0°~80°), 90° 외전에서 외회전은 65° (범위 30°~90°)이었고, 내회전은 제 11 흉추 극돌기(범위, 제 7 흉추 극돌기-둔부)까지 가능하였다.

수술 중 합병증은 새로운 골절선이 근위부에 1례 발생하였으나 전이가 심하지 않았고 골 유합

되었다. 술후 합병증은 분쇄 골절 부위의 정복 부위의 침상 골로 통증을 호소하여 술후 1년에 제거하였다. 나사못의 후퇴나 금속정의 전이, 술후 요골 신경 마비, 부정유합, 심부 감염, 이소성 골형성 등의 합병증은 발생하지 않았다.

고 찰

상완골 간부의 골절에 대해 금속정을 이용한 치료법은 금속판을 이용한 치료법과 대등한 결과를 보이거나 나쁜 결과가 보고되고 있다^{7,21,27}. 그러므로 많은 술자들은 술후 관절 기능의 감소 및 골절의 불유합 등의 가능성이 높은 금속정을 이용한 상완골 간부 고정술을 선호하지 않는다^{1,9,14-16,18,42}. 하지만 빠른 재활, 요골 신경 손상 빈도 감소, 좋은 주관절 기능, 짧은 수술시간, 적은 양의 실혈 등의 장점으로 병적 골절, 골다공증이 심한 골절, 불유합, 분쇄골절, 다발성 손상 등에 금속정을 이용한 골수강내 고정술이 시행되고 있다^{7,8,10,14,20,21}.

Chapman 등은 금속판을 이용한 내고정술은 주관절에 기능이 감소하지만 금속정을 이용할 때는 견관절의 기능이 감소한다고 하였다⁷. 견관절

의 기능 감소는 견봉하 공간에서의 금속정의 충돌 현상^{9,13)}, 금속정의 상방 돌출^{10,16,36)}, 나사못의 후퇴^{10,17,16,36)}, 회전근 개의 손상³⁶⁾ 등이 원인으로 지목되었다.

선행성 상완골 금속정 삽입술 시 가장 많이 사용되는 전외측방 도달법은 대결절의 내측 골구에 삽입하는 방법으로 가장 많이 사용되고 있다^{17,18,21,23,36,41)}. 하지만 Riemer 등³⁴⁾에 의하면 이와 같은 도달법은 회전근 개에 손상을 줄 수 있다고 보고하고 있다. 또한 Swiontkowski 등⁴⁰⁾에 따르면 손상된 회전근 개로 인하여 혈액 순환이 증가되는 것이 보고되었다. 저자들은 견관절에 발생할 수 있는 문제점 중 회전근 개의 손상 감소를 위하여 다음과 같은 방법을 사용하였다. 1) 삼각근에 대한 절개는 회전근 개 파열의 관혈적 봉합술에 사용하는 견관절의 전상방 도달법을 사용하였다³⁾. 2) 금속정의 삽입구를 회전근 개의 부착부위에 시행할 경우 회전근 개의 손상을 피할 수 없으므로²²⁾ 회전근 간 중 이두박근 장두건과 극상근의 앞쪽 경계면 사이를 절개하여 상완 골두를 노출시켰다(Fig. 2). 3) 이두박근 장두건 뒤쪽의 상완 골두를 노출시키기 위하여 골절의 근위부를 외회전 시켰다. 4) 금속정 삽입구는 회전근 개 부착부위의 바로 내측 부분 중 이두박근 장두건이 견관절을 빠져 나가는 바로 뒤에 만들었다. 이 부위는 상완골 간부의 중심 축의 외측이 되므로 이곳에 삽입구를 만들면 금속정이 상완골의 간부와 통하게 된다(Fig. 2)⁹⁾. 이와 같은 방법은 Lin 등²²⁾에 의하면 관절 연골에 손상을 주어 견관절의 기능을 감소시킬 수 있다고 하였으나 본 연구에서는 금속정의 삽입구에 의한 견관절의 기능 감소 현상은 발견할 수 없었다.

금속정의 충돌 현상과 금속정의 상방 돌출을 예방하기 위해서 다음과 같은 방법을 사용하였다. 1) 금속정의 삽입 시 금속정의 상방 끝 부분이 골두 내에 충분히 함몰되도록 하였다^{6,16,22,23,31,35,36)}. 골절 정복후 골절 간격을 감소시키기 위하여 상완골 양측에 직접적인 압박력을 주거나 backstrike 기법²⁴⁾을 사용하는 도중 함몰된 금속정의 상방 끝부분이 다시 골두 위로 올라올 수 있으므로 이를 고려하여 골절 간격 이상으로 함몰시키는 것이 필요하다. 연구 대상군의 환자는 평균 -4.6

mm (범위, 3 ~ -18 mm) 이었다. 2) 2레에서 금속정의 상방 끝부분이 상완 골두보다 위로 돌출하였으며 이 환자 중 3 mm 돌출한 1례는 ASES 평가법에 따른 점수상 불량의를 결과를 보였고 1 mm가 돌출된 1례는 양호의 결과를 보였다. 돌출되지 않은 환자는 함몰의 평균이 골두보다 함몰되거나 골두의 관절면과 일치하였다. 2) 고령이나 골다공증이 심한 상완골 골절 환자는 근위부 교합 나사못을 삽입시 골고정력이 충분하지 않다. 저자들은 고정력을 증가시키기 위하여 가능한 많은 수의 나사못을 삽입하였고 근위부 교합 나사못이 상완 골두 아래의 골간단에 삽입될 때는 근위 피질골 및 원위 피질골 모두에 삽입되도록 하였다. 이 방법을 사용하여 금속정의 지연성 상방 돌출이나 지연성 골절부 간격 이개 환자는 발생하지 않았다. 상완골 경부 및 골간단에 나사못을 삽입할 경우 액와 신경에 손상이 발생할 수 있다고 Reimer와 D' Ambrosia³³⁾는 보고하고 있으나 본 연구 대상에서는 발생하지 않았다. 3) 모든 근위 교합 나사못은 가능한 골 피질에 충분히 삽입되어 나사못에 의한 충돌 증후군은 발생하지 않도록 하였다^{18,22)}.

결 론

상완골 간부 골절 환자에서 술후 견관절의 통증 감소 및 좋은 기능을 얻기 위하여 회전근 간을 이용한 견관절 전상방 도달법으로 회전근 개의 손상을 감소시키고, 회전근 개 부착부의 내측부에 삽입구를 만들며 금속정이 상완 골두 내에 함몰 삽입되게 하는 것이 필요할 것으로 사료된다.

REFERENCE

- 1) Ajmal M, O' Sullivan M, McCabe J, et al: Antegrade locked intramedullary nailing in humeral shaft fractures. *Injury* 32:692, 2001.
- 2) Bell MJ, Beauchamp CG, Kellam JK, et al: The results of plating humeral shaft fractures in patients with multiple injuries. The Sunnybrook experience. *J Bone Joint Surg Br* 67:293, 1985.

- 3) **Bigliani LU, Cordasco FA, McIlveen SJ, et al:** Operative treatment of failed repairs of the rotator cuff. *J Bone Joint Surg Am* 74:1505, 1992.
- 4) **Bigliani LU, D' Alessandro DF, Duralde XA, et al:** Anterior acromioplasty for subacromial impingement in patients younger than 40 years of age. *Clin Orthop*:111, 1989.
- 5) **Boileau P, Walch G:** The three-dimensional geometry of the proximal humerus. Implications for surgical technique and prosthetic design. *J Bone Joint Surg Br* 79:857, 1997.
- 6) **Brumback RJ:** The rationales of interlocking nailing of the femur, tibia, and humerus. *Clin Orthop*:292, 1996.
- 7) **Chapman JR, Henley MB, Agel J, et al:** Randomized prospective study of humeral shaft fracture fixation: intramedullary nails versus plates. *J Orthop Trauma* 14:162, 2000.
- 8) **Choi J, Nam W, Lee D:** A comparison of using closed interlocking nailing versus plate fixation in humeral shaft comminuted fracture. *J Kor Soc Fracture* 12:9, 1999.
- 9) **Cox MA, Dolan M, Synnott K, et al:** Closed interlocking nailing of humeral shaft fractures with the Russell-Taylor nail. *J Orthop Trauma* 14:349, 2000.
- 10) **Crates J, Whittle AP:** Antegrade interlocking nailing of acute humeral shaft fractures. *Clin Orthop*:40, 1998.
- 11) **Dabezijs EJ, Banta CJ, 2nd, Murphy CP, et al:** Plate fixation of the humeral shaft for acute fractures, with and without radial nerve injuries. *J Orthop Trauma* 6:10, 1992.
- 12) **Esterhai JL, Jr., Brighton CT, Heppenstall RB, et al:** Nonunion of the humerus. Clinical, roentgenographic, scintigraphic, and response characteristics to treatment with constant direct current stimulation of osteogenesis. *Clin Orthop*:228, 1986.
- 13) **Foster RJ, Dixon GL, Jr., Bach AW, et al:** Internal fixation of fractures and non-unions of the humeral shaft. Indications and results in a multi-center study. *J Bone Joint Surg Am* 67:857, 1985.
- 14) **Ha S, Lee S, Shin D, et al:** Operative treatment of humeral shaft fracture-Comparison of plate fixation and intramedullary nailing-. *J Kor Soc Fracture* 12:8, 1999.
- 15) **Hall RF, Jr.:** Closed intramedullary fixation of humeral shaft fractures. *Instr Course Lect* 36:349, 1987.
- 16) **Hems TE, Bhullar TP:** Interlocking nailing of humeral shaft fractures: the Oxford experience 1991 to 1994. *Injury* 27:485, 1996.
- 17) **Ikpeme JO:** Intramedullary interlocking nailing for humeral fractures: experiences with the Russell-Taylor humeral nail. *Injury* 25:447, 1994.
- 18) **Ingman AM, Waters DA:** Locked intramedullary nailing of humeral shaft fractures. Implant design, surgical technique, and clinical results. *J Bone Joint Surg Br* 76:23, 1994.
- 19) **Jensen CH, Hansen D, Jorgensen U:** Humeral shaft fractures treated by interlocking nailing: a preliminary report on 16 patients. *Injury* 23:234, 1992.
- 20) **Kessler SB, Nast-Kolb D, Brunner U, et al:** [Intramedullary nailing of the humerus as an alternative to conservative therapy and to plate osteosynthesis]. *Orthopade* 25:216, 1996.
- 21) **Lin J:** Treatment of humeral shaft fractures with humeral locked nail and comparison with plate fixation. *J Trauma* 44:859, 1998.
- 22) **Lin J, Hou SM:** Antegrade locked nailing for humeral shaft fractures. *Clin Orthop*:201, 1999.
- 23) **Lin J, Hou SM, Hang YS:** Locked nailing for displaced surgical neck fractures of the humerus. *J Trauma* 45:1051, 1998.
- 24) **Lin J, Hou SM, Hang YS:** Treatment of humeral shaft delayed unions and nonunions with humeral locked nails. *J Trauma* 48:695, 2000.
- 25) **Lin J, Hou SM, Hang YS, et al:** Treatment of humeral shaft fractures by retrograde locked nailing. *Clin Orthop*:147, 1997.
- 26) **Lin J, Hou SM, Inoue N, et al:** Anatomic considerations of locked humeral nailing. *Clin Orthop*:247, 1999.
- 27) **McCormack RG, Brien D, Buckley RE, et al:** 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, 2000.
- 28) **McKee MD, Pedlow FX, Cheney PJ, et al:** Fractures below the end of locking humeral nails: a report of three cases. *J Orthop Trauma* 10:500, 1996.
- 29) **Modabber MR, Jupiter JB:** Operative management of diaphyseal fractures of the humerus. Plate versus nail. *Clin Orthop*:93, 1998.

- 30) **Neer CS, 2nd**: Displaced proximal humeral fractures. I. Classification and evaluation. *J Bone Joint Surg Am* 52:1077, 1970.
- 31) **Pietu G, Raynaud G, Letenneur J**: Treatment of delayed and nonunions of the humeral shaft using the Seidel locking nail: a preliminary report of five cases. *J Orthop Trauma* 8:240, 1994.
- 32) **Richards R, An K, Bigliani L, et al**: A standardized method for the assessment of shoulder function. *J Shoulder Elbow Surg* 3:347, 1994.
- 33) **Riemer BL, D' Ambrosia R**: The risk of injury to the axillary nerve, artery, and vein from proximal locking screws of humeral intramedullary nails. *Orthopedics* 15:697, 1992.
- 34) **Riemer BL, D' Ambrosia R, Kellam JF, et al**: The anterior acromial approach for antegrade intramedullary nailing of the humeral diaphysis. *Orthopedics* 16:1219, 1993.
- 35) **Riemer BL, Foglesong ME, Burke CJ, 3rd, et al**: Complications of Seidel intramedullary nailing of narrow diameter humeral diaphyseal fractures. *Orthopedics* 17:19, 1994.
- 36) **Robinson CM, Bell KM, Court-Brown CM, et al**: Locked nailing of humeral shaft fractures. Experience in Edinburgh over a two-year period. *J Bone Joint Surg Br* 74:558, 1992.
- 37) **Rommens PM, Blum J, Runkel M**: Retrograde nailing of humeral shaft fractures. *Clin Orthop*: 26, 1998.
- 38) **Rommens PM, Verbruggen J, Broos PL**: Retrograde locked nailing of humeral shaft fractures. A review of 39 patients. *J Bone Joint Surg Br* 77:84, 1995.
- 39) **Schopfer A, Hearn TC, Malisano L, et al**: Comparison of torsional strength of humeral intramedullary nailing: a cadaveric study. *J Orthop Trauma* 8:414, 1994.
- 40) **Swintkowski M, Iannotti J, Boulas H, et al**: Intraoperative assessment of rotator cuff vascularity using laser doppler flowmetry. In Post M, Morrey B, Hawkin R (eds): *Surgery of the Shoulder*. Chicago: Mosby-Year Book, 1990, pp 208.
- 41) **Tome J, Carsi B, Garcia-Fernandez C, et al**: Treatment of pathologic fractures of the humerus with Seidel nailing. *Clin Orthop*:51, 1998.
- 42) **Wallny T, Sagebiel C, Westerman K, et al**: Comparative results of bracing and interlocking nailing in the treatment of humeral shaft fractures. *Int Orthop* 21:374, 1997.
- 43) **Ward EF, White JL**: Interlocked intramedullary nailing of the humerus. *Orthopedics* 12:135, 1989.
- 44) **Zimmerman MC, Waite AM, Deehan M, et al**: A biomechanical analysis of four humeral fracture fixation systems. *J Orthop Trauma* 8:233, 1994.