

상하지 간부 분쇄 골절 시 교합성 골수강내 고정술로 치료 후 잔존한 나비형 골편의 운명

안기찬 · 김윤준 · 최장석 · 서승석 · 박희철 · 정대원 · 정동우

인제대학교 의과대학 부산백병원 정형외과학교실

목 적: 본 연구는 간부 골절의 치료로 골수강내 고정 시에 잔존하는 분쇄 골절편 중, 큰 나비형 골편을 보존적으로 치료했으며, 이 결과를 체중부하골인 대퇴골 및 비체중부하골인 상완골로 나누어 방사선상 추시하였으며, 골유합의 결과 및 관련된 요소들을 비교하여 분석하고자 하였다.

대상 및 방법: 2006년 1월부터 2009년 12월까지 골수강내 금속 고정술을 시행한 상완골 및 대퇴골 간부 분쇄골절 환자 중, 1군 27예, 2군 31예를 대상으로 하였다. 추시 방사선 사진을 통해서 나비형 골편의 전위 정도 및 각형성의 변화와 이에 대한 호전율을 두 군 간에 비교하여 분석하였다.

결 과: 골편의 전위 정도는 제1군에서 평균 16.7 mm, 제2군에서 평균 21.2 mm이었다. 추시상 두 군 모두에서 상기 요소들은 호전되는 양상을 보였으며, 두 군에서 호전율은 유의한 차이를 보이지 않았다. 합병증은 4예에서 보였으며, 합병증 발생 예들에서는 정상인 예들에 비해서, 각형성의 호전율은 유의한 차이를 보이지 않았으나, 골편 전위 정도의 호전율은 유의하게 낮았다 ($p=0.001$).

결 론: 골편의 전위나 각형성은 호전되는 양상을 보였으며, 우수한 골유합율을 보였다. 합병증의 발생은 2군에서 많았으며, 이는 해부학적인 위치나 체중 부하의 영향보다는 초기 정복 후 골절편 전위 정도가 중요하게 작용하며, 특히 전위 및 각형성을 막기 위해 골수내정의 삽입 시 주의를 요할 것으로 생각된다.

색인 단어: 대퇴골 간부 골절, 상완골 간부골절, 체중부하, 교합성 골수내정, 나비형 골편

The Fate of Butterfly Fragments in Extremity Shaft Comminuted Fractures Treated with Closed Interlocking Intramedullary Nailing

Ki-Chan An, M.D., Yoon-Jun Kim, M.D., Jang-Suk Choi, M.D., Seung Suk Seo, M.D.,
Hi-Chul Gwak, M.D., Dae-Won Jung, M.D., Dong-Woo Jeong, M.D.

Department of Orthopedic, Busan Paik Hospital, Inje University College of Medicine, Busan, Korea

Purpose: For conservative treatment of shaft fractures, the butterfly fragments that were somewhat larger in the closed intra-medullary (IM) nailing. The results of treatment were monitored using radiography separately for the weight-bearing femur and non-weight-bearing humerus.

Materials and Methods: 27 from Group I and 31 from Group II. In the two groups, the displacement and angulation changes in the fragments, and the degree of improvement of these two factors, were compared using follow-up radiography.

Results: The mean angulation of fragments in Groups I and II were 9.2° and 9.6° , and the mean degree of displacement of the fragments in Groups I and II were 16.7 mm and 21.2 mm, respectively. Follow-up radiography showed that the above factors improved in both groups. The degree of displacement was significantly lower in the normal cases than in the complicated cases ($p=0.001$).

Conclusion: Displacement and angulation gradually improved in both groups. It was found that the degree of displacement after the initial reduction is more important than the influence of anatomical position or weight bearing. This indicates that care should be taken when inserting IM nails to prevent displacement or angulation.

Key Words: Femur shaft fracture, Humerus shaft fracture, Intramedullary nailing, Weight bearing, Butterfly fragments

통신저자 : 김 윤 준

부산시 부산진구 개금동 633-165

인제대학교 의과대학 부산백병원 정형외과학교실

Tel : 051-890-6129 • Fax : 051-892-6619

E-mail : fracture78@yahoo.co.kr

접수: 2011. 7. 23

심사(수정): 1차 2011. 9. 2, 2차 2011. 10. 18

게재확정: 2011. 11. 7

Address reprint requests to : Yoon-Jun Kim, M.D.

Department of Orthopedic, Busan Paik Hospital, Inje University
College of Medicine, 633-165, Gaegeum-dong, Busanjin-gu, Busan
614-735, Korea

Tel : 82-51-890-6129 • Fax : 82-51-892-6619

E-mail : fracture78@yahoo.co.kr

서 론

상완골 및 대퇴골은 상하지 근위부를 단일하게 지지하며, 관절 운동 및 근력 운동에 중요한 역할을 담당하는 뼈로써, 최근 교통사고와 스포츠 손상의 증가로 인해 골절이 빈번하고 다양한 형태로 발생하고 있다. 특히 간부 골절의 경우 강한 외력에 의한 분쇄 골절 및 개방성 골절이 늘고 있다¹²⁾. 최근에는 대부분 간부 골절에 대하여 장기간 고정 기간을 필요로 하는 비수술적 방법보다 수술적 고정 후 조기 운동을 시행하는 방법을 선호하며, 특히 동반 손상이 있거나 분절 혹은 병적 골절, 혈관 혹은 신경 손상이 있을 경우 더욱 그러하다⁹⁾. 상하지 간부 분쇄 골절 시 적용되는 치료 방법 중 교합성 폐쇄성 골수내정 고정술의 경우 수술 시간이 짧고, 높은 골유합율을 보이면서, 조기 체중부하가 가능하며, 연부조직의 손상과 출혈이 적고 부정 유합과 감염을 줄일 수 있어, 간부골절의 일차적인 치료방법으로 시술된다⁸⁾. 골수내정 시술 시 흔히 방사선학적으로 전위되어 각형성을 이루고 있는 비교적 크기가 큰 나비형 골편을 경험할 수 있으며, 이 전위된 나비형 골절편을 수술 중에 관혈적으로 정복을 할 것인지, 아니면 보존적 치료를 시행하여 자연적인 골유합을 유도할 것인지에 대해서 논란이 많다^{4,11)}. 골절에 있어서, 잘 조절된 체중 부하는 골의 치유 과정 중 미성숙골 형성을 촉진시키는 한 요소로서 작용할 수 있다⁵⁾. 또한 체중 부하는 골절 시 기계적 치유를 촉진하는 중요한 자극 요소로서 골절치유에 중요한 역할을 하게 된다. 이에 대해 체중부하골인 대퇴골 간부의 분쇄 골절 시 발생한 나비형 골편에 대해 보존적 치료를 시행한 후, 우수한 임상 추시 결과를 보고하기도 하였다³⁾. 하지만 골절에 있어서 이러한 체중부하의 혜택을 볼 수 없는 비체중부하골인 상완골 간부의 분쇄골절 시 발생한 나비형 골편의 치료 결과에 대한 보고는 미미하다. 이에 저자들은 간부 분쇄 골절의 치료 시 폐쇄성 교합성 골수강내 고정 시에 잔존하는 분쇄 골절편 중, 비교적 크기가 큰 나비형 골편을 보존적으로 치료했으며, 이 결과를 체중부하골인 대퇴골 및 비체중부하골인 상완골로 나누어 방사선상 추시하였으며, 골유합의 결과 및 관련 요소들을 비교하여 분석하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 대 상

2006년 1월부터 2009년 12월까지 폐쇄적 교합성 골수강내 금속 고정술을 시행한 상완골 간부 분쇄골절 환자 39예(제1군) 및 폐쇄적 교합성 골수강내 금속 고정술을 시행한

대퇴골 간부 분쇄골절 환자 47예(제2군) 중, 최소 1년 이상 추시가 가능하고 나비형 골편의 크기가 30 mm 이상인 제1군 27예, 나비형 골편의 크기가 40 mm 이상인 제2군 31예를 대상으로 하였다. 다발성 손상으로 환부의 재활에 장애가 있거나, 심한 연부 조직 손상으로 골절부가 노출되거나, 2주 이상 수술이 지연된 예들은 대상에서 제외하였다. 평균 연령은 제1군에서 44.1 ± 7.5 세, 제2군에서 46.3 ± 7.1 세였으며, 평균 추시 기간은 제1군에서 24개월(12~28), 제2군에서 23개월(13~27)이었다. 남자가 41예, 여자가 17예였고, 수상의 원인은 제1, 2군 동일하게 교통사고가 42예로 가장 많았고, 그 외 낙상 10예, 스포츠 손상 6예였다(Table 1). 연령과 성별 분포는 두 군 간에 통계적 차이가 없었다($p < 0.05$).

2. 수술 방법 및 재활

1) 대퇴골

수상 당일 응급 수술을 시행한 경우를 제외하고 모든 예에서 연부조직의 수축을 최대 한도로 방지하고 수술 시 골절편의 정복을 용이하게 하기 위하여 적절한 골견인을 시행하였다. 대퇴골 수술은 전례에서 방사선 투과 수술대에서 양와위로 실시하였다. 정복을 유지한 상태에서 대전자 부위에 피부 절개를 가한 후 이상와(piriformis fossa)를 찾고 유도핀을 삽입한 후 확공 및 금속정을 삽입하였고, 원위 교합 나사는 손기법(free-hand technique)으로 삽입하였다.

Cannulated Femoral Nail (CFN[®], Synthes, Oberdorf, Switzerland)을 사용하였다. 수술 후 석고 붕대 등의 외부 고정은 하지 않았으며, 환자가 통증을 호소하지 않는 범위 내에서 가능한 술 후 초기에 능동적 슬관절 운동 및 대퇴 사두근강화 운동을 시작하였다. 환자의 통증이 소실되고, 안정된다고 생각된 경우 부분 체중부하를 실시하였다.

Table 1. The patient demographics

	Group I (humerus)	Group II (femur)
Sex		
Male	20	21
Female	7	10
Age	44.1 ± 7.5	46.3 ± 7.1
Cause of injury		
Traffic accident	20	22
Fall down	4	6
Sports injury	3	3
Mean duration of follow-up (months)	24.9	23.9

2) 상완골

환자를 양와위로 취한 뒤 견관절을 약 30도 거상되게 하였고, 고개를 반대편으로 향하게 하였다. 짧은 삼각근 분할도달법 (short deltoid splitting approach)을 통해 상완 대결절을 노출시켰으며, 회전근개 부착부의 외측에서 대결절 첨부에 천공을 시행하고, 이하부는 골수강을 확공하는 것을 원칙으로 하였고, 적절한 금속정을 영상 증폭장치 (image identifier)를 보면서 금속정 근위부가 상완골 내에 1 cm 정도 파묻혀 회전근개나 건봉에 자극을 주지 않도록 삽입하였다. Solid Humeral Nail (UHN[®], Synthes, Oberdorf, Switzerland)을 사용하였다. 나사못 고정은 골절부 상하 모두 하나씩 영상증폭장치하에 반대편 피질골까지 고정하였다. 수술 후 1일째부터 근육의 등장성 운동을 시행하였다. 술 후 5~7일부터는 견관절 및 주관절의 능동적 관절운동을 시작했으며, 술 후 2주째부터 외전, 내전, 굴곡, 신전 운동을 허용하였다. 팔걸이는 수술 후 약 3주일간 착용토록 하였다.

3. 평가 방법

방사선학적 평가는 환자를 최대한 바른 자세로 양와위를 취한 뒤 팔에서 약 100 cm 거리에서 촬영한 단순 전후면 및 측면 방사선 사진으로 수술 전 및 수술 직후 그리고 술 후 3개월 추시에서 나비형 골편의 크기, 골편의 전위 정도 및 각 형성을 측정하였다. 그리고 수술 직후 골절 간격도 측정하였다. 측정 방법에 있어서 골편의 크기는 골편의 최

장 직경으로 측정하였으며, 골편의 전위 정도는 골편 직경의 중간 지점으로부터 가상의 피질골까지의 수직 거리를 측정하였고 (Fig. 1), 골편의 각형성 정도는 골편의 최장 직경에서 그린 선과 가상의 피질골 선이 이루는 각도로 측정하였다 (Fig. 2). 골절 간격은 수술 직후 근위 골절편과 원위 골절편의 신연된 정도를 측정하였다 (Fig. 3). 그리고 각 요소들의 수술 직후 측정치 (A)에서 3개월 추시상 측정치 (B)를 뺀 값을 다시 수술 직후 측정치 (A)로 나누어서

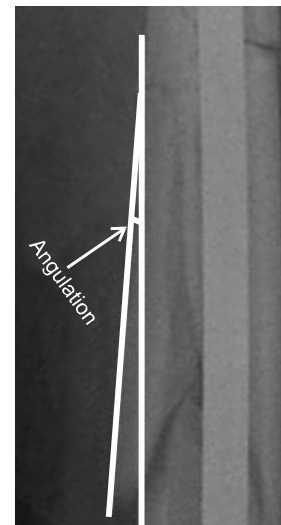


Fig. 2. The degree of angulation of butterfly fragments were measured by angle between parallel line of shaft cortex and main fragment cortex on AP or Lateral radiograph.

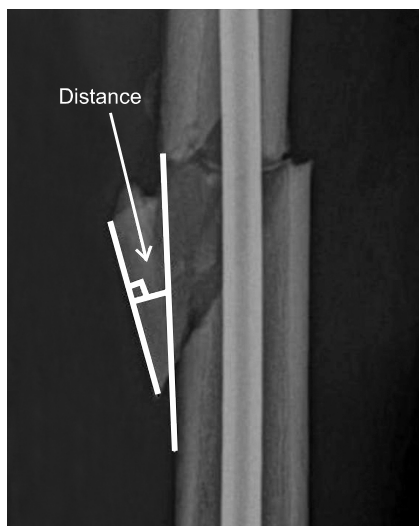


Fig. 1. The degree of displacement of butterfly fragments were measured by longer perpendicular distance between shaft cortex parallel line and mid-point of fragment cortex parallel line.

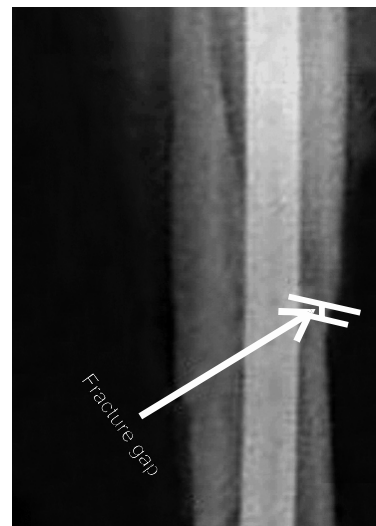


Fig. 3. The fracture gap of main fragments were measured by distance between proximal and distal main fragment on AP or Lateral radiograph.

100을 곱하여 호전된 정도를 백분율로 수치화하여 호전을 측정하였다 ($(A-B)/A \times 100$). 또한 술 후 12개월 추시상 골편의 유합 여부를 평가하였다.

4. 통계학적 분석

통계학적 분석은 SPSS (Ver. 13.0)를 이용하여 Method - Mann-Whitney test 및 Fisher's Exact Test를 시행하였다. 유의 수준이 0.05 이하일 때 통계적으로 의의가 있는 것으로 판정하였다.

결 과

나비형 골편의 크기는 제1군에서 평균 48.9 ± 21 mm, 제2군에서 평균 68.5 ± 28 mm이었으며, 골절 간격은 제1군에서 평균 3.4 ± 1.52 mm, 제2군에서 평균 4.04 ± 1.47 mm이었다. 골편의 전위 정도는 제1군에서 평균 16.7 ± 7.51 mm, 제2군에서 평균 21.2 ± 7.32 mm이었다. 골편의 각형성은 제1군에서 평균 $9.2 \pm 3.5^\circ$, 제2군에서 평균 $9.6 \pm 3.7^\circ$ 이었다. 골편의 전위 정도의 호전율은 제1군에서 $79.5 \pm 13.6\%$, 제2군에서 $77.2 \pm 13.5\%$ 였다. 골편 각형성의 호전율은 제1군에서 $78.1 \pm 11.7\%$, 제2군에서 $72.7 \pm 12.8\%$ 였다. 호전율은 추시 방사선상 두 군 모두에서 호전되는 양상을 보였으며,

두 군에서 호전율은 유의한 차이를 보이지 않았다 ($p=0.134$, $p=0.388$) (Table 2). 합병증은 4예에서 보였으며, 1군에서 지연유합 1예, 2군에서 지연유합 3예를 보였다. 합병증 발생 군들에서는 정상 골유합을 보인 군들에 비해서, 각형성의 호전율은 유의한 차이를 보이지 않았으나 ($p=0.560$), 골편 전위 정도의 호전율은 유의하게 낮았다 ($p=0.001$) (Table 3). 제2군의 합병증 발생 예들을 살펴보면 골절 간격은 각각 4.7 mm, 5.1 mm, 4.9 mm이었고, 골편의 전위 정도는 각각 25.6 mm, 22.4 mm, 26.3 mm이었고, 각형성은 10.1° , 9.9° , 10.2° 이었다. 3예 모두 잠김 나사못을 제거한 후 동적화를 시켰으며, 이후 추시 방사선상 정상적인 골유합을 얻을 수 있었다. 제1군에서 발생한 합병증 1예는 골절 간격이 3.7 mm이었고, 전위 정도가 19.6 mm이었으며, 각형성은 9.6° 이었다. 이 예의 경우는 골절 부위의 최소 절개를 통해 자가골 이식술을 시행한 후 3개월째 임상적 및 방사선학적 골유합을 보였다 (Fig. 4A~C).

고 찰

장골의 간부 분쇄 골절에 대한 수술 방법으로는 골 및 연부 조직의 상태에 따라 금속판 고정술, 교합성 골수강내 고정술 및 외고정 장치를 이용한 수술 방법 등이 있으며, 어떠한 고정 방법을 사용하는 것이 좋은지에 대해서는 논

Table 2. The recovery rate of angulation and displacement

	Pre-op.	Immediate-postop. (A)	Follow-up (B)	Recovery rate [†]
Angulation* ($^\circ$)				
Group I (humerus)	18.66	9.28	1.93	79.5 (%)
Group II (femur)	19.26	9.63	2.01	77.2 (%)
Displacement [†] (mm)				
Group I (humerus)	32.1	16.79	3.25	78.1 (%)
Group II (femur)	53.45	21.20	4.41	72.7 (%)

*Statically no significant difference ($p=0.134$) between group I and group II. [†]Statically no significant difference ($p=0.388$) between group I and group II. [†] $(A-B)/A \times 100$.

Table 3. The recovery rate of normal-union group and complication group

	Pre-op.	Immediate-postop. (A)	Follow-up (B)	Recovery rate [†]
Angulation* ($^\circ$)				
Union group	19.28	9.21	2.22	75.8 (%)
Complication group	18.13	9.45	2.56	72.9 (%)
Displacement [†] (mm)				
Union group	18.13	18.21	3.48	80.1 (%)
Complication group	40.22	19.34	8.75	54.7 (%)

*Statically no significant difference ($p=0.560$) between two groups. [†]Statically significant difference ($p=0.001$) between two groups. [†] $(A-B)/A \times 100$.



Fig. 4. (A) Complicated case Lateral radiograph showing initial post-op finding with large amount of displacement. (B) Complicated case Lateral radiograph showing no union evidence with remnant displacement. (C) Immediate post-operative Lateral radiograph showing bone graft status using mini-open procedure. (D) Three months later follow-up Lateral radiograph showing radiologic union.

란이 많다^{1,6,10}. 그 중에서 골수내정 고정술은 수술 시간이 짧고, 골유합율이 높으며, 조기보행이 가능하고, 낮은 감염률 및 출혈량으로 사망률의 감소와 같은 장점 때문에 골수내정 고정술이 선호되고 있으며, 불유합의 비율도 1% 정도로 낮은 편이어서, 흔히 사용되고 있고 점차 적용 범위가 넓어지고 있다^{2,15}. 간부 분쇄 골절 시 비교적 크기가 크고 전위되어 있는 나비형 골편을 흔하게 접할 수 있으며, 이 전위된 나비형 골절편을 수술 중에 관혈적으로 정복을 할 것인지, 아니면 보존적 치료를 시행하여 자연적인 골유합을 유도할 것인지에 대해서 술자마다 논란이 많다^{3,5}. 대부분의 술자들은 골편을 관혈적으로 정복하지 않고, 보존적 치료를 시행한다^{14,16}. 하지만 일부의 술자들은 이 나비형 골편을 강선 등을 이용하여 관혈적으로 정복을 시도하며, 관혈적으로 정복을 시행할 경우 골절부의 안정성은 높아지게 되나, 상기에 언급한 골수내정의 장점들을 저해함과 동시에 추가적인 골막의 혈액 순환에 손상을 주게 되어, 불유합이나 지연 유합, 이차적인 감염의 등의 합병증 병발 가능성이 높아지며, 추가적인 수술 시간을 요하게 된다^{11,13}. 그래서 대퇴골 간부의 분쇄 골절 시 발생한 나비형 골편에 대해 보존적 치료를 시행한 후, 다양하고 우수한 임상 추시 결과를 보고하였다³. 골절에 있어서, 잘 조절된 체중 부하는 골의 치유 과정 중 미성숙골 형성을 촉진시켜 골절 치유를 도와주는 한 요소로서 작용될 수 있다⁵. 또한 체중 부하는 골절 시 기계적 치유를 촉진하는 중요한 자극 요소로서 골절 치유에 중요한 역할을 한다. 인체의 골에 대해 체중 부하가 감소되거나 결여되는 상황에 처할 경우 신체는 더이상 정상적인 하중과 스트레스를 받지 않게 되

고, 하지의 근수축 단백질과 골기질 소실에 의한 위축 및 약화, 골형성세포 (osteoblast) 수의 감소, 피질골과 망상골의 골량 감소, 피질골에서의 골막 미네랄 (mineral) 형성에 의한 골밀도 감소 등이 관찰된다⁷. 과거의 연구들은 이러한 체중부하의 골유합 촉진 효과에 영향을 받는 체중부하골인 대퇴골의 간부의 분쇄 골절 시 발생한 나비형 골편에 대해 보존적 치료를 시행한 후, 우수한 임상 추시 결과를 보고한 논문들은 적지 않았다^{3,16}. 하지만 체중부하의 골유합 촉진효과를 받지 못하는 비체중부하골인 상완간부의 분쇄 골절 시 발생한 나비형 골편의 치료 결과에 대한 보고는 미미하다. 이에 본 연구는 간부 분쇄 골절의 치료 시 폐쇄성 교합성 골수강내 고정 시에 잔존하는 분쇄 골절편 중, 비교적 크기가 큰 나비형 골편을 보존적으로 치료했으며, 이 결과를 체중부하가 미칠 수 있는 영향을 고려하여, 체중부하골인 대퇴골 및 비체중부하골인 상완골로 나누어 방사선상 추시하여 결과를 분석하였다. 결과 분석 시 나비형 골절편의 전위 정도 및 각형성 정도를 방사선 추시상 관찰하였다. 그리고 각 요소들의 수술 직후 측정치 (A)에서 3개월 추시상 측정치 (B)를 뺀 값을 다시 수술 직후 측정치 (A)로 나누어서 100을 곱하여 호전된 정도를 백분율로 수치화하여 호전율이라는 개념으로 결과를 분석하였다 ($(A-B)/A \times 100$). 분석 결과 두 군에서 모두 70% 이상의 우수한 호전율을 보였으며, 모든 예들에서 정상적인 골유합을 보였고, 호전율은 두 군 간의 유의한 차이를 보이지 않았다 ($p=0.388$). 합병증은 4예에서 보였으며, 합병증 발생 예들에서는 정상적인 골유합을 보인 예들에 비해서, 골편 전위 정도의 호전율은 유의하게 좋지 않아서 ($p=0.001$),

합병증의 발생과 전위 정도의 호전율은 의미있는 상관관계가 있어 보였다. 따라서 전위 정도의 호전율은 합병증 발생을 예측할 수 있는 간접적인 지표로 고려될 수 있겠으며, 호전율을 좋게 하기 위해서는 초기 측정치 (A)의 감소가 무엇보다도 필요하며, 이는 수술 직후 초기 전위 정도의 감소를 의미한다. 이에 따라 수술 직후 초기 골편 전위의 정도를 감소시키기 위해, 골수내정 및 가이드의 삽입 시 전위의 정도를 막기 위해 골편의 간접적인 도수조작을 통한 고정이 필요하다. 이때에는 골편을 영상증폭기를 통해 확인하고 거즈로 짚 기구로 압박력을 가하는 것이 도움이 된다. 확공 시에도 보다 부드러운 조작을 통해 전위의 진행을 막고, 필요하다면 스테인만핀 등을 이용하여 골편을 피부 최소 천공을 통해 간접적인 골편의 고정으로 나비형 골편의 추가적인 전위 및 각형성의 증가를 예방할 수 있다. 향후 임상적 및 방사선학적 결과의 더 나은 호전 정도를 예상하기 위해, 초기 나비형 골편의 전위 정도가 클 경우 K-강선 등을 이용하여 최소 침습 비관혈적 골편 정복을 시도해볼 수도 있겠으며, 향후 이에 대한 장기적인 추시도 의미있는 결과를 보일 것이다.

결 론

골편의 전위나 각형성은 두 군 모두에서 점진적으로 호전되는 양상을 보였으며, 우수한 골유합율을 보였다. 합병증의 발생은 2군에서 많았으며, 이는 해부학적인 위치나 체중 부하의 영향보다는 초기 정복 후 골절편 전위 정도가 중요하게 작용하며, 특히 호전율에 큰 영향을 미치는 수술 시 초기의 전위 및 각형성을 막기 위해 골수내정의 삽입 시 주의를 요할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- 1) Böstman O, Varjonen L, Vainionpää S, Majola A, Rokkanen P: Incidence of local complications after intramedullary nailing and after plate fixation of femoral shaft fractures. *J Trauma*, **29**: 639-645, 1989.
- 2) Bucholz RW, Heckman JD, Court-Brown C: Rockwood and Green's fractures in adults. 6th ed. Philadelphia, Lippincott-Williams & Wilkins Pb: 1845-1914, 2006.
- 3) Choo SK, Kim BJ, Ko HS, et al: Studies on unreduced fragments in closed interlocking nailing of comminuted femoral fracture. *J Korean Orthop Assoc*, **34**: 579-586, 1999.
- 4) Christie J, Court-Brown C, Kinninmonth AW, Howie CR: Intramedullary locking nails in the management of femoral shaft fractures. *J Bone Joint Surg Br*, **70**: 206-210, 1988.
- 5) Claes LE, Heigele CA, Neidlinger-Wilke C, et al: Effects of mechanical factors on the fracture healing process. *Clin Orthop Relat Res*, (355 Suppl): S132-147, 1998.
- 6) Farragos AF, Schemitsch EH, McKee MD: Complications of intramedullary nailing for fractures of the humeral shaft: a review. *J Orthop Trauma*, **13**: 258-267, 1999.
- 7) Globus RK, Bikle DD, Morey-Holton E: Effects of simulated weightlessness on bone mineral metabolism. *Endocrinology*, **114**: 2264-2270, 1984.
- 8) Habernek H, Orthner E: A locking nail for fractures of the humerus. *J Bone Joint Surg Br*, **73**: 651-653, 1991.
- 9) Holstein A, Lewis GM: Fractures of the humerus with radial-nerve paralysis. *J Bone Joint Surg Am*, **45**: 1382-1388, 1963.
- 10) Jeong HJ, Kim DY, Shin JH, Chu ET, Lim SR: A comparison of using interlocking IM nail versus plate fixation in humeral shaft fracture. *J Korean Orthop Assoc*, **10**: 148-152, 2006.
- 11) Johnson KD, Johnston DW, Parker B: Comminuted femoral-shaft fractures: treatment by roller traction, cerclage wires and an intramedullary nail, or an interlocking intramedullary nail. *J Bone Joint Surg Am*, **66**: 1222-1235, 1984.
- 12) Nam TS, Choi JW, Kim JH, Kim SY, Kim JJ, Chun JM: Nonunion of the humeral shaft. *J Korean Fract Soc*, **18**: 294-298, 2005.
- 13) Rothwell AG, Fitzpatrick CB: Closed Küntscher nailing of femoral shaft fractures. A series of 100 consecutive patients. *J Bone Joint Surg Br*, **60**: 504-509, 1978.
- 14) Sharma JC, Gupta SP, Mathur NC, et al: Comminuted femoral shaft fractures treated by closed intramedullary nailing and functional cast bracing. *J Trauma*, **34**: 786-791, 1993.
- 15) Shin DE, Lee DH, Ahn CS, Nam KS: The shortening and rotational deformity after closed intramedullary nailing of femur shaft fracture: according to Winquist-Hansen classification. *J Korean Fract Soc*, **20**: 297-301, 2007.
- 16) Winquist RA, Hansen ST Jr: Comminuted fractures of the femoral shaft treated by intramedullary nailing. *Orthop Clin North Am*, **11**: 633-648, 1980.