

대퇴골 원위부 골절에서 잠김 압박 금속판을 이용한 최소 침습적 금속판 고정술

조성원 · 하상호 · 이광철 · 김웅희

조선대학교 의과대학 정형외과학교실

목 적: 대퇴골 원위부 골절에서 잠김 압박 금속판을 이용한 최소 침습적 금속판 고정술을 시행한 후 임상적, 방사선학적 결과를 평가하고 그 유용성에 대하여 알아보고자 하였다.

대상 및 방법: 2006년 5월부터 2011년 4월까지 수술을 시행 받고 12개월 이상 추시가 가능하였던 23명(24예)을 대상으로 하였고 평균연령은 61.6세(35-80세)였다. 방사선학적으로 골유합 기간 및 정렬 상태를 조사하였고, 관절운동범위, knee society score, 합병증을 조사하여 임상적 평가를 시행하였다.

결 과: 1예를 제외한 22명(23예)에서 골유합을 얻었으며 골유합 기간은 평균 18주(12-26주)였다. 불유합 1예를 제외하고 평균 관절운동 범위는 124도(80-135도)였고 knee society score는 평균 87.5점(60-98점)으로 우수 12예, 양호 8예, 보통 1예, 불량 2예였다. 합병증으로 불유합 1예, 관절강직 1예, 부정유합 2예, 표재성 감염 2예가 발생하였다.

결 론: 대퇴골 원위부 골절에서 잠김 압박 금속판을 이용한 최소 침습적 금속판 고정술은 술기에 대한 정확한 이해와 적절한 처치가 이루어진다면 만족할만한 결과를 얻을 수 있는 유용한 수술법으로 판단된다.

색인 단어: 대퇴골 원위부 골절, 최소 침습적 금속판 고정술, 잠김 압박 금속판

Minimally Invasive Plate Osteosynthesis with Locking Compression Plate for Distal Femur Fracture

Sung Won Cho, M.D., Sang Ho Ha, M.D., Gwang Chul Lee, M.D., Woong Hee Kim, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, School of Medicine, Chosun University, Gwangju, Korea

Purpose: To analyze the clinical and radiologic results of minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) for distal femur fractures using a locking compression plate (LCP) and to evaluate its usefulness.

Materials and Methods: From May 2006 to April 2011, 23 patients (24 cases) with distal femur fracture were treated by MIPO with a LCP and followed-up for at least 12 months. Mean age was 61.6 years (35-80 years). Union time and post-operative alignment were measured on radiograph, and clinical function was evaluated by range of motion (ROM), Knee Society Score and complications.

Results: In 22 patients (23 cases) except for 1 case, bony union was obtained after an average of 18 weeks (12-26 weeks). The mean ROM was 124 degrees (80-135 degrees). According to the Knee Society Score, there were 12 excellent, 8 good, 1 fair and 2 poor results and the mean score was 87.5 (60-98). Postoperative complications were nonunion in 1 case, ankylosis in 1 case, malunion in 2 cases and superficial wound infection in 2 cases.

통신저자 : 하 상 호

광주시 동구 필문대로 365, 조선대학교병원 정형외과

Tel : 062-220-3147 · Fax : 062-226-3379

E-mail : shha@chosun.ac.kr

이 논문은 2010년도 조선대학교병원 선택진료학술연구비에 의하여 연구되었음.

접수: 2012. 11. 28

심사(수정): 1차 2013. 1. 28, 2차 2013. 3. 20

게재확정: 2013. 6. 11

Address reprint requests to : Sang Ho Ha, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Chosun University Hospital, 365

Pilmun-daero, Dong-gu, Gwangju 501-717, Korea

Tel : 82-62-220-3147 · Fax : 82-62-226-3379

E-mail : shha@chosun.ac.kr

Copyright © 2013 The Korean Fracture Society. All rights reserved.

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Conclusion: The treatment of distal femoral fracture with MIPO using a LCP was considered a useful method which can result in satisfactory clinical and radiologic outcomes if there is accurate understanding about the surgical techniques and appropriate procedures involved.

Key Words: Distal femur fracture, Minimally invasive plate osteosynthesis, Locking compression plate

서 론

대퇴골 원위부 골절은 젊은 환자의 경우 대부분 고에너지 손상에 의해서 발생하고, 고령 환자의 경우 골다공증이 동반되어 있기 때문에 분쇄 골절이 많으며, 골절면에 부착하는 근육이 많아 정복이 용이하지 않기 때문에 치료가 쉽지 않고 영구적인 기능장애를 초래하기도 한다. 과거에는 주로 고식적인 금속판 고정이나 교합성 골수강 내 금속정을 이용하여 치료하였으나 부정유합, 불유합, 관절강직, 감염 등의 합병증이 흔하게 발생하였고 최근에는 잠김 압박 금속판(locking compression plate, LCP)의 개발과 생물학적 고정의 개념이 대두되면서 최소 침습적 금속판 고정술(minimally invasive plate osteosynthesis, MIPO)을 이용한

내고정술의 사용이 증가하고 있다¹⁰⁻¹²⁾. 그러나 일부 저자들은 MIPO는 골절부를 노출시키지 않기 때문에 금속판의 고정 위치가 잘못될 수 있고 이로 인해 지연유합, 불유합, 금속판 파손 등이 발생할 수 있다고 보고하고 있다¹⁾. 이에 저자들은 대퇴골 원위부 골절에 대하여 LCP를 이용한 MIPO를 시행하고 결과를 분석하여 그 유용성을 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구대상

2006년 5월부터 2011년 4월까지 대퇴골 원위부 골절에

Table 1. Patient Demographics, Clinical and Radiographic Outcomes

No	Type	Age	Sex	Cause	KSS	Union time	ROM	AP alignment (+valgus, -varus)	Lat alignment (+anterior, -posterior)	Plate position	Complication
1	A3	68	F	In car TA	96	14	0-135	+0	+2		
2	A3	50	M	Bicycle TA	86	18	10-125	+2	+3		
3	C1	35	M	In car TA	86	14	0-120	+2	-2		
4	C2	52	F	Fall down	88	16	10-125	+4	-2		
5	C1	46	M	In car TA	92	22	0-130	+0	+0		
6	A1	55	F	In car TA	95	12	0-135	+0	+1		Supf. wound infection
7	A2	68	F	Slip down	98	12	0-135	+2	+2		
8	C2	80	M	Pedestrian	64	16	10-120	+10	-3		Valgus 10°
9	A1	74	M	In car TA	86	20	0-130	-2	-2	Distal	Ankylosis
10	C2	55	M	In car TA	60	24	20-100	+4	+2		
11	C2	63	M	In car TA	94	16	0-135	-3	-1		
12	C2	63	M	In car TA	92	20	5-130	-2	-2		
13	A1	69	F	Fall down	76	20	5-130	+7	-3	Anterior	Valgus 7°
14	A1	59	F	Slip down	96	20	0-130	+2	+1		
15	A3	65	F	In car TA	92	18	0-130	+0	+2		
16	A3	60	F	Bicycle TA	90	20	0-130	+0	-1		
17	B1	70	F	Slip down	95	20	0-135	+3	+0		
18	C1	70	F	Slip down	88	18	10-130	-1	-3	Anterior	
19	C1	64	F	In car TA	86	24	10-120	-3	-2		
20	C2	65	M	In car TA							Nonunion
21	A1	62	M	In car TA	94	12	0-135	+2	+3		
22	A2	76	F	In car TA	96	16	0-130	+3	-2	Anterior	
23	A1	74	F	In car TA	86	16	0-130	+0	-2		Supf. wound infection
24	C2	37	M	Bicycle TA	84	26	10-120	-3	-3		

KSS: Knee society score, ROM: Range of motion, AP: Anteriorposterior, Lat: Lateral, F: Female, M: Male, TA: Traffic accident, Supf.: Superficial.

대하여 LCP를 이용한 MIPO를 시행하고 12개월 이상 추시가 가능하였던 23명(24예)를 대상으로 하였고, 개방성 골절 및 관절면이 심하게 손상된 AO/OTA 분류상 33-C3골절은 제외하였다.

남자는 10명(11예), 여자는 13명이었고 평균연령은 61.6세(35-80세)였다. 손상 원인은 교통사고 14예, 낙상사고 4예, 오토바이 사고 3예, 추락사고 2예, 보행자 사고 1예였다. AO/OTA 분류상 A1형 6예, A2형 2예, A3형 4예, B1형 1예, C1형 4예, C2형 7예였다(Table 1). 손상기전에 따른 분류상 고에너지 손상은 19예, 저에너지 손상은 4예였다.

2. 수술 방법 및 술 후 재활

모든 환자는 방사선 투과 수술대 위에서 양와위(supine position) 자세를 취하였고 슬관절을 약간 굴곡시킨 상태에서 골 간단부의 골절부위를 노출시키지 않도록 원위 골편과 근위 골편의 외측에 피부 절개를 가한 후 외측 광근(vastus lateralis muscle)을 거상기로 들어올려 골편을 노출하였다. 이후 경골 근위부를 견인하면서 정복 겸자(reduction forcep)로 골절부를 정복하고 방사선 투시기를 이용하여 양측 피질골의 두께 및 정렬로 정복 상태를 확인한 다음 원위부에서 외측 광근 하방으로 LCP-DF (Synthes, Oberdorf, Switzerland)를 삽입하였다. 이후 정복 겸자(reduction forcep)와 K-강선을 이용하여 금속판이 이동하지 않도록 고정한 다음 원위부에 잠금나사 고정을 시행하고 근위부에 피질골나사 1개를 이용하여 금속판을 근위 골편에 밀착시키고 잠금나사 고정을 시행하였다(Fig. 1).

수술 후 고정은 시행하지 않았고 3일째부터 대퇴 사두근 등장성 운동 및 슬관절의 능동적 또는 수동적 관절운동을 시행하였다. 추시 방사선 검사상 가골이 형성되는 시기부터 부분체중 부하를 시행하였고, 전후면과 측면 모두에서 가골 형성 시 전 체중 부하를 시행하였다.



Fig. 1. Indirect reduction and temporary plate fixation with reduction forceps and K-wires.

3. 평가방법

환자의 외래 추시는 술 후 6주째에 시행하였고, 골유합이 될 때까지 1개월 간격으로 외래 추시하였다. 골유합이 얻어진 이후에는 3개월, 6개월, 1년 간격으로 시행하였으며 최종 추시 시에 방사선학적, 임상적 평가를 시행하였다. 방사선학적 평가상 전 체중 부하 시 통증이 없고, 전후면 및 측면 방사선 사진에서 가골이 골절부위를 지나 형성된 경우를 골유합으로 판정하여 골유합 시기를 조사하였고, 1 cm 이상의 단축이나 5도 이상의 각 변형이 있는 경우를 부정유합으로 판정하여 유무를 조사하였으며, 술 후 금속판의 부정위치(malposition) 유무를 조사하였다. 임상적 평가상 최종 추시 시의 관절운동 범위와 knee society score를 조사하여 90점 이상을 우수, 80-89점을 양호, 70-79점을 보통, 69점 이하를 불량으로 분류하였고 합병증을 조사하였다. 그리고 골절의 형태 및 손상기전에 따라 결과를 분석하였고 통계방법은 비모수방법인 Mann-Whitney U test를 시행하였으며 p값이 0.05 이하인 경우 통계학적으로 유의한 것으로 판단하였다.

결 과

1예를 제외한 22명(23예)에서 골유합을 얻었으며 골유합 기간은 평균 18주(12-26주)였다(Fig. 2). 골절의 형태 및 방사선학적 평가상 평균 1.2도(-3~+10도)의 외반 각형성 및 평균 0.5도(-3~+3도)의 후방 각형성 상태를 보였고 금속판의 위치는 1예에서 금속판의 원위부가 원위부로, 3예에서 금속판의 근위부가 전방으로 치우친 소견을 보였다.

임상적으로 불유합 1예를 제외하고 knee society score는 평균 87.5점(60-98점)으로 우수 12예, 양호 8예, 보통 1예, 불량 2예였고 관절운동 범위는 평균 124도(80-135도)를 보였다. 합병증으로 불유합 1예, 관절강직 1예, 부정유합 2예, 표재성 감염 2예가 발생하였다(Table 1).

골절의 형태에 따른 분류에서 연령 및 골유합 기간은 통계학적 유의성은 없었고, knee society score 및 관절운동 범위는 통계학적 유의성을 보였다($p=0.036$, $p=0.004$). 손상기전에 따른 분류에서는 고에너지 손상군에서 knee society score가 유의하게 낮은 소견을 보였고($p=0.041$), 연령, 골유합 기간, 관절운동 범위는 통계학적 유의성을 보이지 않았다(Table 2).

고 찰

대퇴골 원위부 골절은 젊은 환자의 경우 주로 고에너지 손상에 의해서 발생하고, 고령 환자의 경우 대부분 심한

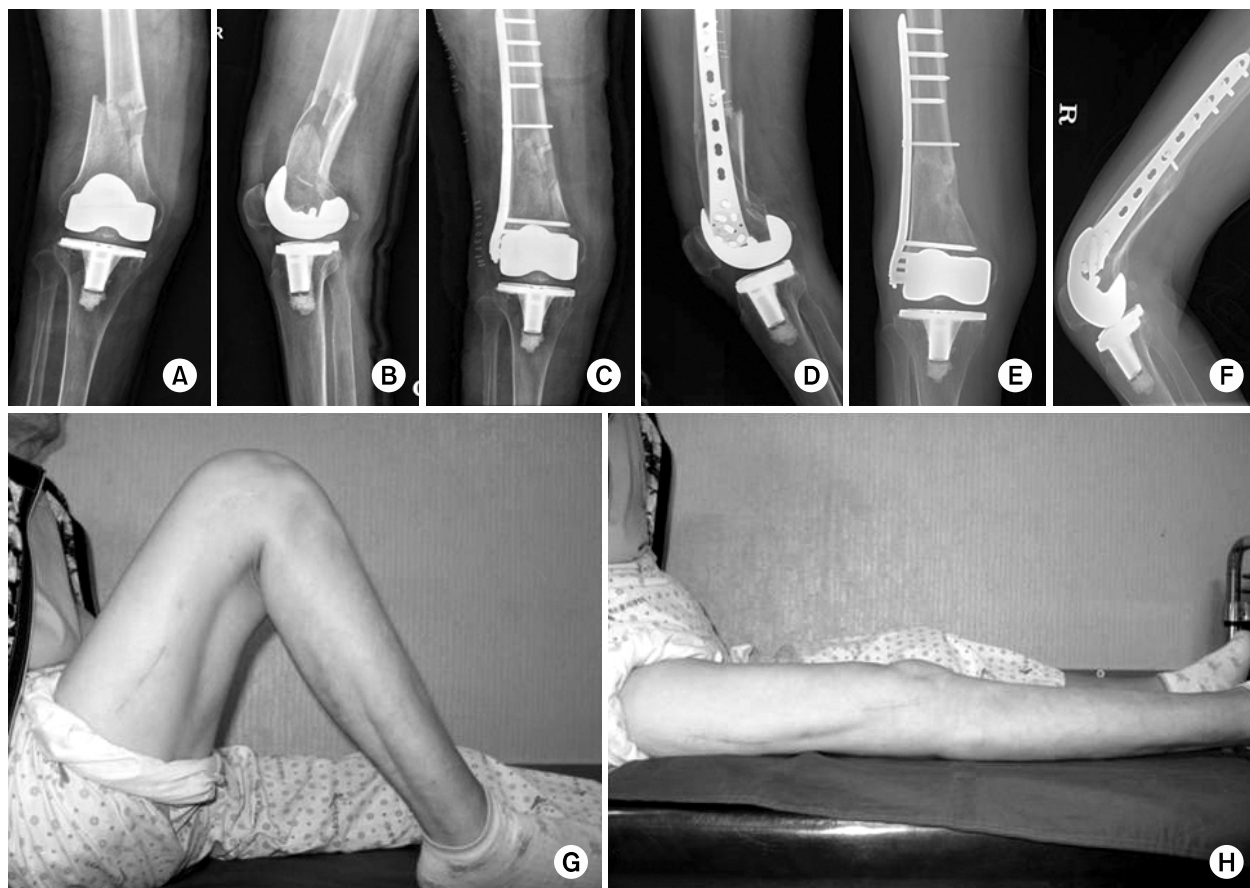


Fig. 2. (A, B) The initial radiograph of 68-year-old female shows comminuted metaphyseal fracture of distal femur (AO/OTA classification A3).

(C, D) Radiographs show a postoperative state.

(E, F) At postoperative 20 weeks, radiograph shows maintenance of reduction and bony union.

(G, H) At postoperative 20 weeks, range of motion of knee is good.

Table 2. Comparison of Clinical Outcomes

Variable	Fracture type		p-value	Injury mechanism		p-value
	A&B (13)	C (10)		High energy (19)	Low energy (4)	
Age	65.38	56.50	0.071	60.42	66.75	0.339
KSS	91.23	83.40	0.036	86.47	94.25	0.041
Union time	16.77	19.60	0.085	18.11	17.50	0.786
ROM	130.38	115.50	0.004	122.63	130.00	0.228
Complication	3	3		6	0	

KSS: Knee society score, ROM: Range of motion.

골다공증이 동반되기 때문에 분쇄 골절 및 연부조직의 손상이 많아 불유합이 흔하게 발생할 수 있다²¹⁾. 또한 골편에 붙는 근육이 많기 때문에 정복 및 유지가 쉽지 않으며 관절연골 손상이 동반되는 경우 예후가 좋지 않을 수 있기 때문에 치료가 어려운 골절로 알려져 있다^{2,6,13)}. 과거에는

즉각적인 관절운동을 목표로 관절적 정복 및 견고한 고정을 위한 다양한 기구가 사용되어 왔다. 대표적으로 고정각 칼날 금속판(angled blade plate), 역동적 과상 나사(dynamic condylar screw), 과지지 금속판(condylar buttress plate) 그리고 역행성 골수관 내 금속정(retrograde intramedullary

nail)이 있으나 분쇄가 심한 골절, 원위부의 골편이 작은 경우, 골다공증이 심한 경우에는 이러한 기구의 사용이 쉽지 않고^{17,19)}, 기구 각각의 단점들이 여러 저자들에 의해 보고되었다. 고정각 칼날 금속판은 광범위한 절개가 필요하며 정확한 위치에 고정하는 것이 기술적으로 어렵고, 역동적 과상 나사는 원위부에서 많은 골손실을 초래하게 된다. 과지지 금속판은 내반 불안정성이 발생할 수 있고 역행성 골수강 내 금속정은 원위부 잠김나사의 고정이 약할 수 있고, 대퇴-슬개 관절에 손상을 줄 수 있다는 점이다^{5,8,10,16)}. 이러한 단점을 보완하기 위해 최근 개발된 LCP는 여러 개의 고정각을 가진 잠김나사를 통하여 좀더 견고한 고정력을 얻을 수 있으며, 골막과 금속판 사이의 압박력을 최소화하여 골막의 혈행을 보존할 수 있다는 장점이 있다^{15,20)}. 또한 최근에는 골절 부위를 직접 노출하지 않고 골편에 압박고정 없이 금속판을 고정하는 생물학적 고정 개념이 소개되면서 LCP를 이용한 최소 침습적 고정술이 많이 시행되고 좋은 결과들을 보고하고 있다. 대퇴골 원위부 골절에 대하여 Kregor 등⁹⁾은 103예 중 93%에서, Schütz 등¹⁸⁾은 62예 중 85%에서 골이식 없이 골유합을 얻었다고 보고하였고 국내에서는 Park 등¹⁴⁾이 33예 중 91%에서 Han 등⁷⁾이 12예 중 100%에서 골유합을 얻었으며 평균 골유합 기간은 평균 15주, 16주였다고 보고하였다. 본 연구에서는 24예 중 96%에서 골유합을 얻었으며 골유합 기간은 평균 18주로 다른 연구들과 큰 차이는 없었다.

골절 형태에 따른 분류상 C형군에서 A&B형군의 환자보다 knee society score 및 관절운동 범위가 낮은 결과를 보였는데 방사선 추시상 저명한 관절면의 전이나 외상 후 관절염 소견은 관찰되지 않았으나 관절 내 골절 시 발생한 연골의 손상으로 인한 결과로 생각되며, 추후 장기 추시를

통하여 외상 후 관절염의 발생 유무를 조사하는 것이 중요할 것으로 생각한다.

불유합 1예는 AO/OTA 분류상 C2형으로 골 간단부에 분쇄가 심하였던 환자로 술 후 7개월이 경과하여도 가골이 형성되지 않아 골이식을 통한 수술적 치료를 시행하였고 술 후 4개월째에 골유합을 얻을 수 있었다. 수상 당시 심한 분쇄 때문에 정확한 골편 정복을 할 수 없어 금속판 원위부를 먼저 고정하고 견인하여 정렬 상태를 확인한 후 근위부를 고정하였던 환자로 술 후 골편 간의 간격이 증가된 소견을 보였고, 이것은 골 전도의 장애를 가져와 불유합의 원인이 되었을 것으로 판단되었다. 따라서 골 간단부의 분쇄가 매우 심한 경우는 첫 수술 시 골이식을 시행하는 것도 고려해 볼 수 있을 것으로 생각한다.

2예에서 각각 7도, 10도의 외반 각형성이 발생하였는데 전자의 경우 임상적 평가상 보통으로 환자가 큰 불편감을 호소하지는 않고, 후자의 경우 80세의 고령을 감안하여 추시 관찰 중이다. Ehlinger 등⁴⁾은 이러한 외반 각형성을 방지하기 위하여 원위부 나사는 관절면과 평행해야 하고, 금속판은 골간의 외측 피질골과 평행해야 한다고 주장하였다. 본원의 경우에서도 2예 모두 원위부 나사가 관절면과 평행하지 않아 발생하였던 경우로 원위부 나사 삽입 시 영상 투시기(fluoroscopy)를 통해서 반드시 확인이 필요하고, 금속판을 골간의 외측 피질골에 평행하기 위해서는 근위부에 나사 삽입 시 피질골 나사를 이용하여 압박력을 준 상태에서 잠김 나사를 고정하는 방법이 유용할 것으로 생각한다(Fig. 3).

1예에서 관절강직이 발생하였고 AO/OTA 분류상 C2형의 골절로 수술 후 관절운동 범위가 10-90도로 제한되었다. 방사선 소견상 저명한 관절면의 이상 소견은 보이지 않고

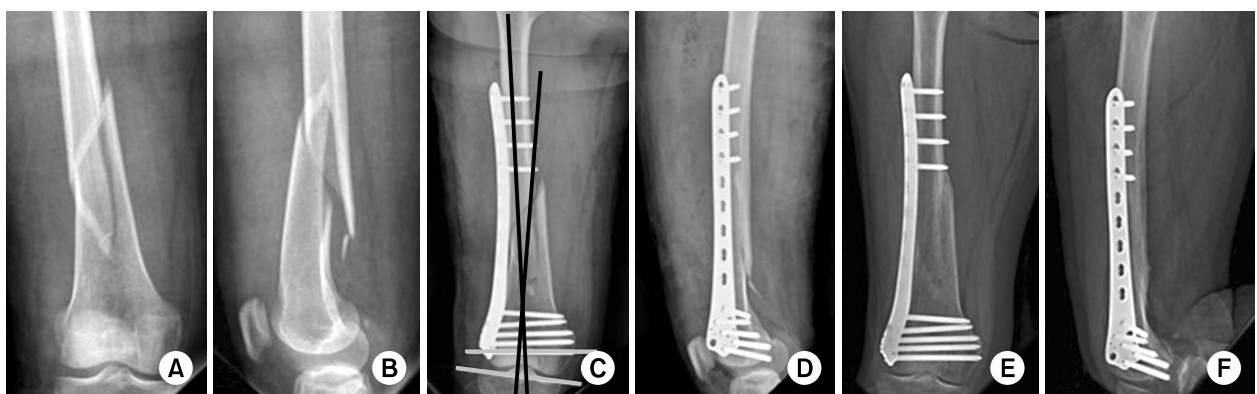


Fig. 3. (A, B) The initial radiograph of 69-year-old female shows simple spiral metaphyseal fracture of distal femur (AO/OTA classification A1).

(C, D) Post operative radiographs shows 7° valgus alignment: the epiphyseal screws are not parallel to the joint line.

(E, F) At postoperative 24 weeks, radiograph shows maintenance of reduction and bony union.

나 수상 당시 뇌손상으로 약 1개월간 재활이 지연되었던 환자로 연부조직 구축에 의한 것으로 판단되며, 수술 후 조기 관절운동이 예후에 중요함을 확인할 수 있었다.

2예에서 원위 절개부위 주변으로 발적 및 열감이 발생하였으나 변연 절제술 및 정맥 항생제 치료로 호전을 보였고 이는 고식적인 금속판 고정술에 비해 근육의 박리가 적기 때문에 심부 감염의 위험성이 감소된 것으로 생각한다.

Zlowodzki 등²¹⁾은 LCP를 이용한 MIPO가 관혈적인 금속판 고정술에 비하여 감염률이 낮았으나 고정의 실패나 재수술의 비율은 더 높았다고 보고하였다. 본 연구에서 고정의 실패는 발생하지 않았지만 이를 방지하기 위해서는 금속판의 위치와 나사의 방향, 골절 양상에 따른 금속판의 길이와 나사 고정위치 및 개수 등 수술적 술기에 정확한 이해와 경험이 중요하리라 생각한다. Ehlinger 등³⁾은 금속판의 길이는 골절부위 근위부로 최소 5개 이상의 나사구멍이 있도록 금속판을 선택하고, 나사의 개수는 근위 골편에 최소 3개 이상, 원위 골편에 최소 4개 이상의 고정이 필요하며, 나사의 삽입 위치는 골절의 양상에 따라 분쇄가 심한 경우 골절부위에 인접해서, 단순골절의 경우 1개의 나사구멍을 건너서 고정해야 견고한 고정을 할 수 있다고 주장하였다.

Schütz 등¹⁸⁾은 측면상에서 금속판의 근위부가 7%에서 후방, 0.9%에서 전방에 치우쳐 고정이 되었고, 근위부 나사의 빠짐(pull out)이 5%에서 발생하였다고 보고하였고, Button 등¹⁾은 금속판이 전방에 위치한 경우에서 금속판 파손이 발생하였다고 보고하였다. 본 연구에서는 나사의 빠짐이 발생하지는 않았으나 3예(13%)에서 금속판 근위부가 전방에 위치하였고 이는 외측 광근의 힘에 의해 근위부 나사를 고정하기 전 금속판의 움직임이 있었을 것으로 판단되었다. 따라서 근위부에서는 절개를 충분히 하고, 나사 고정하기 전 정복검사로 잡거나 Homans retractor 2개를 피질골 전, 후방에 위치시켜 금속판이 간부의 중앙에 유지시키는 것이 중요하리라 생각한다.

본 연구의 제한점으로는 환자 증례가 적고, 고식적인 금속판 고정술과의 비교 연구가 아니며, 후향적 연구인 점이다. 또한 관절 내 분쇄가 심한 AO/OTA 분류상 C3의 골절은 제외하였고, 회전변형 및 관절 내 전위 정도(step off)에 대한 평가는 시행하지 못하였다는 점이며 외상 후 관절염의 유무를 판단하기에는 추가 기간이 짧았다는 점이다.

결 론

대퇴골 원위부 골절에서 MIPO는 관혈적 정복술 시 발생할 수 있는 연부조직 손상을 최소화할 수 있었으며, 적절한 골절의 정복이 이루어진다면 방사선 및 임상적으로 만

족할 만한 결과를 얻을 수 있는 유용한 수술법으로 판단된다. 그러나 금속판 파손이나, 부정유합 등의 합병증이 발생할 위험성이 있기 때문에 술기에 대한 정확한 이해 및 경험 그리고 골절 형태에 따른 적절한 처치가 매우 중요하리라 생각한다.

References

- 1) Button G, Wolinsky P, Hak D: Failure of less invasive stabilization system plates in the distal femur: a report of four cases. *J Orthop Trauma*, **18**: 565-570, 2004.
- 2) Davison BL: Varus collapse of comminuted distal femur fractures after open reduction and internal fixation with a lateral condylar buttress plate. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*, **32**: 27-30, 2003.
- 3) Ehlinger M, Adam P, Abane L, Arlettaz Y, Bonnomet F: Minimally-invasive internal fixation of extra-articular distal femur fractures using a locking plate: tricks of the trade. *Orthop Traumatol Surg Res*, **97**: 201-205, 2011.
- 4) Ehlinger M, Adam P, Arlettaz Y, et al: Minimally-invasive fixation of distal extra-articular femur fractures with locking plates: limitations and failures. *Orthop Traumatol Surg Res*, **97**: 668-674, 2011.
- 5) Frigg R, Appenzeller A, Christensen R, Frenk A, Gilbert S, Schavan R: The development of the distal femur Less Invasive Stabilization System (LISS). *Injury*, **32 Suppl 3**: SC24-31, 2001.
- 6) Giles JB, DeLee JC, Heckman JD, Kever JE: Supracondylar-intercondylar fractures of the femur treated with a supracondylar plate and lag screw. *J Bone Joint Surg Am*, **64**: 864-870, 1982.
- 7) Han SB, Choi IC, Lee SH, Suh DH, Cho HJ: Minimal invasive plate osteosynthesis for distal femoral fracture. *J Korean Fract Soc*, **19**: 11-16, 2006.
- 8) Janzing HM, Stockman B, Van Damme G, Rommens P, Broos PL: The retrograde intramedullary nail: prospective experience in patients older than sixty-five years. *J Orthop Trauma*, **12**: 330-333, 1998.
- 9) Kregor PJ, Stannard JA, Zlowodzki M, Cole PA: Treatment of distal femur fractures using the less invasive stabilization system: surgical experience and early clinical results in 103 fractures. *J Orthop Trauma*, **18**: 509-520, 2004.
- 10) Kregor PJ, Stannard J, Zlowodzki M, Cole PA, Alonso J: Distal femoral fracture fixation utilizing the Less

- Invasive Stabilization System (L.I.S.S.): the technique and early results. *Injury*, **32 Suppl 3**: SC32-47, 2001.
- 11) **Krettek C, Müller M, Miclau T**: Evolution of minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) in the femur. *Injury*, **32 Suppl 3**: SC14-23, 2001.
- 12) **Krettek C, Schandelmaier P, Miclau T, Bertram R, Holmes W, Tscherne H**: Transarticular joint reconstruction and indirect plate osteosynthesis for complex distal supracondylar femoral fractures. *Injury*, **28 Suppl 1**: A31-41, 1997.
- 13) **Mize RD**: Surgical management of complex fractures of the distal femur. *Clin Orthop Relat Res*, **(240)**: 77-86, 1989.
- 14) **Park KC, Chung KS, Moon JK**: Treatment of distal femur fracture with minimally invasive locking compression plate osteosynthesis. *J Korean Fract Soc*, **25**: 13-19, 2012.
- 15) **Perren SM**: Evolution of the internal fixation of long bone fractures. The scientific basis of biological internal fixation: choosing a new balance between stability and biology. *J Bone Joint Surg Br*, 2002; **84**: 1093-1110, 2012.
- 16) **Schatzker J**: Fractures of the distal femur revisited. *Clin Orthop Relat Res*, **(347)**: 43-56, 1998.
- 17) **Schatzker J, Home G, Waddell J**: The Toronto experience with the supracondylar fracture of the femur, 1966-72. *Injury*, **6**: 113-128, 1974.
- 18) **Schütz M, Müller M, Krettek C, et al**: Minimally invasive fracture stabilization of distal femoral fractures with the LISS: a prospective multicenter study. Results of a clinical study with special emphasis on difficult cases. *Injury*, **32 Suppl 3**: SC48-54, 2001.
- 19) **Siliski JM, Mahring M, Hofer HP**: Supracondylar-intercondylar fractures of the femur. Treatment by internal fixation. *J Bone Joint Surg Am*, **71**: 95-104, 1989.
- 20) **Wagner M**: General principles for the clinical use of the LCP. *Injury*, **34 Suppl 2**: B31-42, 2003.
- 21) **Zlowodzki M, Bhandari M, Marek DJ, Cole PA, Kregor PJ**: Operative treatment of acute distal femur fractures: systematic review of 2 comparative studies and 45 case series (1989 to 2005). *J Orthop Trauma*, **20**: 366-371, 2006.